



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE  
COMPACTADO CON REEMPLAZO DE CERÁMICA  
TRITURADA”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Luis Rafael Antinori Ortiz

Asesor:

M. Cs. Ing. Fabián Sánchez Portal

Cajamarca - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Fabián Sánchez Portal, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Antinori Ortiz Luis Rafael

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de cerámica triturada” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Fabián Sánchez Portal  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Luis Rafael Antinori Ortiz, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de cerámica triturada”

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga  
Jurado  
Presidente

---

Ing. Alejandro Cubas Becerra  
Jurado

---

Ing. Manuel Urteaga Toro  
Jurado

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiarme en cada paso que doy y por haber puesto en el camino a aquellas personas que me han brindado su apoyo durante todo el período de estudio.

A mi familia, por el apoyo en todo momento, por su perseverancia, por ser de mí una mejor persona, por apoyarme en los momentos más difíciles y sobre todo por su apoyo incondicional para poder superarme como profesional.

A mis amigos, todos los que me apoyaron y estuvieron incondicionalmente durante mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por llevarme por un camino de bien y enseñarme a valorar las oportunidades de la vida.

A mi asesor el Ing. Fabián Sánchez Portal, por ayudarme con su asesoramiento, mediante el conocimiento brindado al desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por su apoyo en la revisión y realización de la presente tesis.

Al técnico de laboratorio, Víctor Cuzco Minchán, por su apoyo en los ensayos realizados.

A la Universidad Privada del Norte por darme la oportunidad de estudiar y formarme como persona y como profesional y por permitirme hacer uso del laboratorio y equipos para la elaboración de esta tesis.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>14</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>21</b>
1.1. Realidad problemática.....	21
1.2. Formulación del problema .....	45
1.3. Objetivos .....	46
1.4. Hipótesis.....	46
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>47</b>
2.1. Tipo de investigación .....	47
2.2. Población y muestra .....	47
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	48
2.4. Procedimiento .....	49
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>79</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>88</b>
ANEXO N° 01. FOTOGRAFÍAS.....	88
ANEXO N° 02. CÁLCULOS.....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2: Clasificación SUCS.....	29
Tabla 3: Clasificación SUCS.....	30
Tabla 4: Zonas dentro de las cuales se debe ubicar el valor de los límites de Atterberg de un suelo a utilizar en la construcción con tierra. ....	33
Tabla 5: Porcentaje de desperdicio de materiales en obra.....	36
Tabla 6: Causas de los desperdicios de cerámica en obras .....	37
Tabla 7: Clasificación de baldosas cerámicas según ISO 13006 .....	40
Tabla 8: Tipos de baldosa cerámica .....	41
Tabla 11: Muestras para ensayo resistencia a compresión.....	47
Tabla 12: Muestras para ensayo resistencia a flexión .....	47
Tabla 13: Recolección de Datos.....	48
Tabla 14: Resultado contenido de humedad del suelo .....	67
Tabla 15: Resultado límites de Atterberg.....	67
Tabla 16: Análisis granulométrico .....	68
Tabla 17: Resultados proctor modificado adobe muestra patrón .....	69
Tabla 18: Resultados proctor modificado adobe con reemplazo 5% cerámica triturada .....	70
Tabla 19: Resultados proctor modificado adobe con reemplazo 10% cerámica triturada .....	71
Tabla 20: Resultados proctor modificado adobe con reemplazo 15% cerámica triturada .....	72
Tabla 21: Resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado patrón.....	73
Tabla 22: Resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada.....	74
Tabla 23: Resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada.....	74
Tabla 24: Resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	75
Tabla 25: Resumen General – Resistencia a Compresión de los bloques de adobe compactado con reemplazo de cerámica triturada. ....	75
Tabla 26: Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado patrón.....	76
Tabla 27: Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada .....	77
Tabla 28: Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	77
Tabla 29: Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada .....	78

Tabla 30: Resumen general – Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado. ....	78
Tabla 31: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado patrón.....	109
Tabla 32: Resistencia a compresión de la muestra N° 1 de adobe compactado patrón.....	109
Tabla 33: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado patrón.....	110
Tabla 34: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 del adobe compactado patrón.....	110
Tabla 35: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado patrón.....	111
Tabla 36: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 del adobe compactado patrón.....	111
Tabla 37: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado patrón.....	112
Tabla 38: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 del adobe compactado patrón.....	112
Tabla 39: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado patrón.....	113
Tabla 40: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 del adobe compactado patrón.....	114
Tabla 41: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado patrón.....	115
Tabla 42: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 del adobe compactado patrón.....	115
Tabla 43: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado patrón.....	116
Tabla 44: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 del adobe compactado patrón.....	116
Tabla 45: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada .....	117
Tabla 46: Resistencia a compresión de la muestra N° 1 del adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada.....	117
Tabla 47: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada .....	118
Tabla 48: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 del adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada.....	118
Tabla 49: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada .....	119
Tabla 50: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 del adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada.....	120
Tabla 51: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada .....	121
Tabla 52: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 del adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada.....	121
Tabla 53: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada .....	122
Tabla 54: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada.....	122



Tabla 55: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada .....	123
Tabla 56: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 del adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada .....	123
Tabla 57: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada .....	124
Tabla 58: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada .....	125
Tabla 59: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	126
Tabla 60: Resistencia a compresión de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	126
Tabla 61: Dimensiones muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	127
Tabla 62: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	127
Tabla 63: Dimensiones muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	128
Tabla 64: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	128
Tabla 65: Dimensiones muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo de 10% de cerámica triturada .....	129
Tabla 66: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	130
Tabla 67: Dimensiones muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	131
Tabla 68: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 del adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	131
Tabla 69: Dimensiones muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo de 10% de cerámica triturada .....	132
Tabla 70: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	132
Tabla 71: Dimensiones muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	133
Tabla 72: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada .....	133

Tabla 73: Dimensiones muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo de 15% de cerámica triturada .....	134
Tabla 74: Resistencia a compresión de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	134
Tabla 75: Dimensiones muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo de 15% de cerámica triturada .....	135
Tabla 76: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	136
Tabla 77: Dimensiones muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada .....	137
Tabla 78: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	137
Tabla 79: Dimensiones muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada .....	138
Tabla 80: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	138
Tabla 81: Dimensiones muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada .....	139
Tabla 82: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	139
Tabla 83: Dimensiones muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada .....	140
Tabla 84: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	140
Tabla 85: Dimensiones muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada .....	141
Tabla 86: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	141
Tabla 87: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado patrón.....	142
Tabla 88: Resistencia a flexión de la muestra N° 1 de adobe compactado patrón .....	143
Tabla 89: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado patrón.....	143
Tabla 90: Resistencia a flexión de la muestra N° 2 de adobe compactado patrón .....	144
Tabla 91: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado patrón.....	144
Tabla 92: Resistencia a flexión de la muestra N° 2 de adobe compactado patrón .....	145
Tabla 93: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado patrón.....	145
Tabla 94: Resistencia a flexión de la muestra N° 4 de adobe compactado patrón .....	146

Tabla 95: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado patrón.....	147
Tabla 96: Resistencia a flexión de la muestra N° 5 de adobe compactado patrón.....	147
Tabla 97: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado patrón.....	148
Tabla 98: Resistencia a flexión de la muestra N° 6 de adobe compactado patrón.....	148
Tabla 99: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado patrón.....	149
Tabla 100: Resistencia a flexión de la muestra N° 7 de adobe compactado patrón.....	149
Tabla 101: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	150
Tabla 102: Resistencia a flexión de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	150
Tabla 103: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	151
Tabla 104: Resistencia a flexión de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	151
Tabla 105: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	152
Tabla 106: Resistencia a flexión de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	152
Tabla 107: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	153
Tabla 108: Resistencia a flexión de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	153
Tabla 109: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	154
Tabla 110: Resistencia a flexión de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	154
Tabla 111: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	155
Tabla 112: Resistencia a flexión de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	155
Tabla 113: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	156
Tabla 114: Resistencia a flexión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	157
Tabla 115: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	158

Tabla 116: Resistencia a flexión de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	158
Tabla 117: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada .....	159
Tabla 118: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	159
Tabla 119: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada .....	160
Tabla 120: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	160
Tabla 121: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada .....	161
Tabla 122: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	161
Tabla 123: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada .....	162
Tabla 124: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	162
Tabla 125: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada .....	163
Tabla 126: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	163
Tabla 127: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada .....	164
Tabla 128: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada .....	164
Tabla 129: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada .....	165
Tabla 130: Resistencia a flexión de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	165
Tabla 131: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada .....	166
Tabla 132: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	166
Tabla 133: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada .....	167

Tabla 134: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	167
Tabla 135: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada .....	168
Tabla 136: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	168
Tabla 137: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada .....	169
Tabla 138: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	169
Tabla 139: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada .....	170
Tabla 140: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	170
Tabla 141: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada .....	171
Tabla 142: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	171

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Prueba de campo para suelo .....	27
Figura 2: Proceso de fabricación de baldosas cerámicas .....	39
Figura 3: Ubicación de la cantera en estudio (croquis).....	49
Figura 4: Visita a cantera en Cruz Blanca.....	50
Figura 5: Prueba de campo en cantera Cruz Blanca.....	50
Figura 6: Proceso manual de trituración de cerámica .....	51
Figura 7: Realizando ensayo granulometría por lavado.....	52
Figura 8: Proceso de tamizado de material lavado.....	52
Figura 9: Colocación de muestras en el horno .....	53
Figura 10: Realizando ensayo de proctor modificado.....	55
Figura 11: Lugar utilizado para la fabricación de los adobes.....	56
Figura 12: Medidas del molde de la máquina Cinva Ram .....	57
Figura 13: Elaboración de muestras para cálculo de cantidad de materiales .....	58
Figura 14: Muestra de cálculo de material por adobe .....	59
Figura 15: Peso de tierra para elaboración de adobe de cálculo de material.....	59
Figura 16: Peso de tierra para elaboración de adobe de cálculo de material.....	60
Figura 17: Peso de tierra para elaboración de adobe de cálculo de material.....	60
Figura 18: Medición de largo de adobes de muestra para cálculo de cantidad de material .....	61
Figura 19: Medición de ancho de adobes de muestra para cálculo de cantidad de material .....	61
Figura 20: Medición de altura de adobe de muestra para cálculo de cantidad de material .....	62
Figura 21: Fabricación de adobes compactados.....	64
Figura 22: Acopio de adobes compactados.....	64
Figura 23: Realizando ensayo de resistencia a compresión axial de los adobes compactados .....	65
Figura 24: Realizando ensayo de resistencia a flexión axial de los adobes compactados.....	66
Figura 25: Límites de consistencia.....	68
Figura 26: Curva granulométrica .....	69
Figura 27: Curva de porcentaje de humedad óptimo para adobe patrón.....	70
Figura 28: Curva de porcentaje de humedad óptimo para adobe con reemplazo 5% cerámica triturada .....	71
Figura 29: Curva de porcentaje de humedad óptimo para adobe con reemplazo 10% cerámica triturada .....	72
Figura 30: Curva de porcentaje de humedad óptimo para adobe con reemplazo 15% cerámica triturada .....	73
Figura 31: Resumen general – Resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado....	76

Figura 32: Resumen general – Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado. ....	79
Figura 33: Proceso de trituración de la cerámica reciclada.....	88
Figura 34: Cerámica triturada obtenida de desperdicios de obras de construcción en Cajamarca..	88
Figura 35: Cerámica triturada a utilizar en la fabricación de los adobes, pasada por la malla N° 489	
Figura 36: Preparación de la tierra para ensayo de contenido de humedad. ....	89
Figura 37: Proceso de lavado de material para ensayo de análisis granulométrico .....	90
Figura 38: Peso de material retenido en la malla del ensayo de análisis granulométrico .....	90
Figura 39: Peso de material retenido en cada malla luego de tamizar el material .....	91
Figura 40: Material a utilizar para ensayo de Límites de Atterberg.....	91
Figura 41: Material pasado por la malla #40 para ensayo de límites de Atterberg .....	92
Figura 42: Realizando ensayo de límite líquido del material .....	92
Figura 43: Realizando ensayo de límite líquido del material .....	93
Figura 44: Realizando ensayo de límite líquido del material .....	93
Figura 45: Realizando ensayo de límite plástico del material.....	94
Figura 46: Muestras del ensayo de límite plástico del material .....	94
Figura 47: Peso de muestras del ensayo de Límites de Atterberg.....	95
Figura 48: Muestras del ensayo de Límites de Atterberg dejadas a secar en horno.....	95
Figura 49: Muestras del ensayo de Límites de Atterberg después de sacarlas del horno.....	96
Figura 50: Proceso de mezclado de material para ensayo proctor modificado .....	96
Figura 51: Realizando proceso de compactación en el ensayo de proctor modificado para el adobe patrón.....	97
Figura 52: Realizando proceso de enrasado en el ensayo de proctor modificado para el adobe patrón .....	97
Figura 53: Mezclas de material en bolsas para ensayo de proctor modificado .....	98
Figura 54: Peso de cerámica triturada para ensayo proctor modificado .....	98
Figura 55: Realizando ensayo de proctor modificado con visita del asesor.....	99
Figura 56: Muestras de ensayo proctor sacadas del horno .....	99
Figura 57: Máquina Cinva Ram utilizada para la fabricación de adobes compactados .....	100
Figura 58: Realizando mezcla de tierra y cerámica triturada para la fabricación de adobes compactados.....	100
Figura 59: Preparación de mezclas para fabricación de cada adobe compactado .....	101
Figura 60: Mezclas de material para fabricación de adobes compactados dejadas en bolsas .....	101
Figura 61: Desperdicio de cerámica triturada puesta en agua 1 día para utilizarla en la fabricación de adobes compactados .....	102
Figura 62: Peso de muestra de adobe fabricado para ensayo de contenido de humedad .....	102
Figura 63: Adobes compactados durante proceso de secado .....	103

Figura 64: Adobes compactados terminados.....	103
Figura 65: Adobes compactados fabricados para la investigación.....	104
Figura 66: Adobes compactados a ensayar en el laboratorio de suelos UPN.....	104
Figura 67: Medición de adobes antes de ensayo a compresión y flexión .....	105
Figura 68: Medición de adobes antes de ensayo a compresión y flexión .....	105
Figura 69: Adobe en máquina de ensayo resistencia a compresión .....	106
Figura 70: Adobe después de ensayo de resistencia a compresión .....	106
Figura 71: Adobe en máquina de ensayo resistencia a flexión .....	107
Figura 72: Adobe después de ensayo de resistencia a flexión.....	107
Figura 73: Realizando ensayos de resistencia a compresión y flexión en presencia de personal encargado de laboratorio UPN .....	108
Figura 74: Ensayos de resistencia a compresión y flexión de adobes en presencia de asesor de tesis .....	108
Figura 75: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 adobe compactado patrón.....	110
Figura 76: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 2 adobe compactado patrón.....	111
Figura 77: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 3 adobe compactado patrón.....	112
Figura 78: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 4 adobe compactado patrón.....	113
Figura 79: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 5 adobe compactado patrón.....	114
Figura 80: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 6 adobe compactado patrón.....	116
Figura 81: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 7 adobe compactado patrón.....	117
Figura 82: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada.....	118
Figura 83: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada.....	119
Figura 84: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada.....	120
Figura 85: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada.....	122
Figura 86: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada:.....	123
Figura 87: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada.....	124
Figura 88: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 7 de adobe compactado con adición 5% de cerámica triturada.....	125
Figura 89: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada.....	127



Figura 90: Curva esfuerzo - deformación de la muestra 2 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada.....	128
Figura 91: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada.....	129
Figura 92: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada.....	130
Figura 93: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada.....	131
Figura 94: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada.....	133
Figura 95: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada.....	134
Figura 96: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	135
Figura 97: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	136
Figura 98: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	138
Figura 99: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°4 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	139
Figura 100: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	140
Figura 101: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°6 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	141
Figura 102: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada.....	142
Figura 103: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 adobe compactado patrón.....	143
Figura 104: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°2 adobe compactado patrón.....	144
Figura 105: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°3 adobe compactado patrón.....	145
Figura 106: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°4 adobe compactado patrón.....	146
Figura 107: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°5 adobe compactado patrón.....	147
Figura 108: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°6 adobe compactado patrón.....	148
Figura 109: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°7 adobe compactado patrón.....	149
Figura 110: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	151

Figura 111: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°2 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	152
Figura 112: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°3 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	153
Figura 113: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°4 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	154
Figura 114: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°5 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	155
Figura 115: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°6 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	156
Figura 116: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°7 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	157
Figura 117: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	158
Figura 118: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°2 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	159
Figura 119: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°3 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	160
Figura 120: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°4 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	161
Figura 121: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°5 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	162
Figura 122: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°6 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	163
Figura 123: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°7 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada.....	164
Figura 124: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	165
Figura 125: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°2 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	166
Figura 126: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°3 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	167
Figura 127: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°4 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada.....	168
Figura 128: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°5 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada.....	169

Figura 129: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°6 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada..... 170

Figura 130: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°7 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada..... 171

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Fórmula 1: Contenido de humedad .....	31
Fórmula 2: Índice de Plasticidad.....	32
Fórmula 3: Resistencia a compresión simple .....	44
Fórmula 4: Módulo de rotura .....	45

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo determinar la resistencia a compresión y flexión de adobes compactados con reemplazo de tierra por cerámica triturada en porcentajes de 5%, 10% y 15%, obtenida del reciclaje de desperdicios de baldosas de revestimientos y pisos de obras de construcción y demolición. La tierra utilizada para la elaboración de las unidades de estudio fue extraída de la cantera “Cruz Blanca”, primeramente se realizó los ensayos de granulometría, contenido de humedad y límites de consistencia del suelo, luego a través del ensayo proctor modificado se determinó la cantidad de agua necesaria a utilizar en los adobes compactados; se elaboraron en total 56 adobes a través de la máquina CINVA RAM de los cuales 28 se ensayaron a compresión y 28 a flexión. Los resultados obtenidos del ensayo a compresión, nos indican que todos los especímenes superan la resistencia mínima de 12 kg/cm<sup>2</sup> que indica la norma técnica de edificaciones E-0.80 para adobes comunes, obteniendo para muestra patrón y las muestras con reemplazo de tierra por cerámica triturada en 5%, 10% y 15%, valores de 45.35 kg/cm<sup>2</sup>, 43.96 kg/cm<sup>2</sup>, 40.91 kg/cm<sup>2</sup> y 39.86 kg/cm<sup>2</sup> en resistencia promedio respectivamente, siendo el adobe patrón el de mejor resistencia. Respecto al ensayo de resistencia a flexión se obtuvo como resultados para los adobes compactados patrón 28.55 kg/cm<sup>2</sup> y para los con reemplazo de 5%, 10% y 15% de cerámica se obtuvo 30.86 kg/cm<sup>2</sup>, 28.17 kg/cm<sup>2</sup> y 26.55 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, teniendo la mayor resistencia el adobe con 5% de reemplazo de cerámica triturada.

**Palabras clave:** adobe compactado, cerámica, compresión, flexión

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El adobe es un material ancestral, utilizado por muchas culturas en el mundo, a lo largo del tiempo y cuyo proceso de fabricación es amigable con el medio ambiente. Su uso ha ido decreciendo en su mayoría en la zona urbana, debido a su mal comportamiento ante sismos e inundaciones, por lo que no es el más utilizado en sus construcciones actualmente (Choque y Huamán, 2011).

La construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso. Esto se debe a su baja resistencia, elevado peso y la fragilidad que presenta. Sin embargo, la tierra sigue siendo usado principalmente en las poblaciones con recursos económicos precarios en zonas andinas como Cajamarca, ya que es un material de fácil acceso, ilimitado y de bajo costo (Blondet, Villa y Brzev, 2003)

Según los informes del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), para el año 2013 en el Perú existían 7 millones 828 mil 571 viviendas particulares. De este total, en 3 millones 688 mil 452 (47,1%) predomina en sus paredes exteriores el adobe, tapia o quincha, piedra con barro, madera, estera, u otros materiales.

El INEI informa que del total de viviendas que tienen como material predominante en sus paredes el adobe, tapia o quincha (2 millones 774 mil 5), los departamentos de Cajamarca y La Libertad son los que mayor índice de viviendas de este tipo tienen, albergando al 10,9% (303 mil 183) y al 9,9% (274 mil 630) de estas viviendas respectivamente.

En Cajamarca, el INEI a través del Censo Nacional de Población y Vivienda (2007), también indica que el adobe ha sido el material más empleado para la construcción de viviendas rurales. Según el material predominante en las paredes exteriores de vivienda, 2007, el 76,7 %, son de adobe o tapial.

El empleo del adobe como material de construcción tiene la principal ventaja de ser un material ecológico y disponible en todo el mundo. Sin embargo, uno de los principales problemas en las edificaciones con adobes es la baja resistencia que éste representa. Según norma E-080, 2006, los bloques de adobe tienen una resistencia mínima a la compresión por unidad de  $12 \text{ kg/cm}^2$ , el cual es muy baja para resistir grandes esfuerzos y por lo cual ha disminuido su uso en ciudades con alta sismicidad. Ante este problema y dado que Cajamarca de acuerdo a norma E-0.30 de diseño sismorresistente se encuentra en una zona de alta sismicidad, además siendo Cajamarca de acuerdo a INEI en el año 2018 la zona más pobre del Perú, el uso de adobe se seguirá dando sobre todo en zonas rurales, debido a su bajo costo comparado con otros materiales (albañilería, concreto), por lo que se está buscando alternativas de mejora para las propiedades de los adobes para tener viviendas más resistentes.

Un producto que está cobrando una fuerza cada vez mayor respecto al adobe tradicional, tanto en el estudio como en el mercado, es el adobe compactado o también conocido en otros países como bloques de tierra comprimida. El adobe compactado surge como una alternativa para retomar el uso del suelo como material de construcción, debido a que presenta mejores características mecánicas, al mejorar el proceso de fabricación y propiedades estructurales proporcionadas por el proceso de compactación (Morales, Ortiz y Alavéz, 2007).

El adobe compactado o conocido como bloques de tierra comprimida (BTC) están actualmente siendo estudiados en gran parte del mundo con diferentes estabilizantes con el fin de mejorar sus características. Muchas combinaciones de materias primas están siendo añadidas y analizadas para ralentizar la corrosión de las piezas ante el agua y observar sus mejoras ante esfuerzos mecánicos (Carcedo, 2012).

Por otro lado, en los últimos años, la construcción ha alcanzado un notorio crecimiento, auge que a su vez ha aumentado la generación de residuos procedentes de obras de infraestructura y edificación. El auge experimentado en este sector, ha implicado la generación de importantes cantidades de residuos de construcción y demolición RCD, los cuáles no cuentan con planificación para una adecuada gestión final de los mismos y se han ido desechando por cualquier parte indiscriminadamente (Romero, 2007).

Uno de estos residuos es la cerámica de baldosas de revestimientos de paredes y pisos, que por lo general se encuentra en todo tipo de obra de construcción. La cerámica está en todos lados, dentro o fuera del hogar, con fines decorativos o funciones específicas. Generalmente no se le vuelve a dar ningún tipo de uso a este residuo.

En Cajamarca podemos encontrar pocas obras de construcción en la actualidad debido a la pobreza, sin embargo podemos encontrar la cerámica de revestimientos también en nuestras casas y en ferreterías donde generalmente siempre quedan desperdicios de éstas, debido a diferentes factores. De acuerdo a esto se planteó reutilizarla, al reemplazar una cantidad de tierra por la cerámica, de forma triturada.

En tal sentido en la presente investigación se usó desperdicios de revestimientos de cerámica de obras como estabilizante para el adobe compactado, dado que siempre se va a tener restos de este material y se analizó el aporte que da a la resistencia mecánica a través de los ensayos de resistencia a compresión y resistencia a flexión del adobe compactado, con el fin de determinar si es una alternativa viable de mejoramiento de sus propiedades.

Entre antecedentes similares tenemos a Vásquez, Botero y Carvajal, 2015, en su investigación “Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional” donde analizaron la resistencia a compresión de dichos bloques de tierra, con la adición de cemento y también residuos de construcción y demolición RCD proveniente de los residuos generados en el laboratorio de suelos, concreto y pavimentos de la universidad EAFIT, en específico concreto y materiales cerámicos, los cuales fueron triturados y luego añadidos a los bloques. Los bloques se fabricaron con la máquina Cinva Ram y se curaron durante 28 días. Obtuvieron como resultados que el bloque con adición de RCD presenta mejores resultados que los bloques convencionales, siendo el bloque con 70% de RCD con 25% de tierra y 5% de cemento, el que soporta mayor esfuerzo a compresión, de las diferentes dosificaciones estudiadas, obteniendo una resistencia promedio de 54.43 kg/cm<sup>2</sup>.

Mejía, 2018, en su investigación “Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador” analizó la resistencia a compresión, absorción y capilaridad de dichos bloques. Para el estudio se elaboraron bloques con tierra, cemento y arena, y bloques con tierra, cemento y reemplazo de arena por residuos de construcción y demolición obtenidos de la trituración de hormigones de  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ , con un diámetros de 5mm, y se utilizó una prensa hidráulica. Las dosificaciones realizadas fueron con tierra, 5% de cemento y 45%, 50%, 60% y 70% de RCD respectivamente. Obtuvo como resultados que los bloques con RCD son mejores que los bloques con arena, siendo el mejor el de dosificación 70% de RCD, 25% de tierra y 5% de cemento, el cual presentó una resistencia a compresión de  $81.88 \text{ kg/cm}^2$ ; para el ensayo de capilaridad se obtuvo que al incrementar el RCD mejora el índice de capilaridad y mejora mucho más su comportamiento frente al ensayo de abrasión.

Como antecedentes locales tenemos a Mejía, 2014, en su investigación “Bloque de adobe estabilizado y compactado en Cajamarca”, que tuvo como objetivo evaluar los efectos de la adición de cemento y la compactación con la máquina CINVA en la resistencia mecánica y absorción de agua del bloque de adobe. Obtuvo como resultado que la adición de cemento en su mayor proporción (14%) y compactación con la máquina CINVA, mejoró hasta tres veces el valor de la resistencia a la compresión con  $52.36 \text{ kg/cm}^2$ , hasta dos veces el valor de la resistencia a la flexión con  $12.57 \text{ kg/cm}^2$  y redujo hasta en un 85% la absorción de agua del bloque de tierra común con un valor de 14.07% de absorción.

Carhuanambo, 2016, estudió las propiedades del adobe compactado adicionado con fibras de viruta y aserrín de eucalipto. Para su investigación adicionó 1.5%, 3% y 4.5% de estos materiales, obteniendo como resultado una resistencia máxima del adobe con adición de viruta ( $30.94 \text{ kg/cm}^2$ ), mucho mayor a la resistencia mínima de  $12 \text{ kg/cm}^2$  indicado por la norma E-080 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Obtuvo también una resistencia a flexión máxima de  $23.34 \text{ kg/cm}^2$  adicionando 4.5% de viruta al adobe compactado. De estos resultados concluyó que es mejor el uso de la viruta como estabilizante del adobe compactado, lo contrario para el uso de aserrín ya que



ambos proceden de la misma madera pero logran propiedades muy diferentes en la elaboración de adobes.

Se define el adobe como la unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad. (E 0.80, 2017).

El bloque de adobe terminado debe estar libre de materias extrañas, grietas u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad (E-0.80, RNE, 2017).

Según la norma E-0.80, RNE, 2017, las dimensiones de adobes deberán ajustarse a las siguientes proporciones:

- a) Para adobes rectangulares el largo sea aproximadamente el doble del ancho.
- b) El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso.
- c) La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.

El adobe compactado es una nueva alternativa para la construcción de viviendas donde se mejoran las características del suelo a través de una estabilización mecánica provista por una máquina compactadora manual, con lo que se promueve el uso del suelo como material de construcción. Con esta alternativa se obtienen muros más resistentes a la compresión, flexión y una elevada resistencia a la erosión con lo cual se obtiene un material con mejor comportamiento ante los sismos (Caballero, Silva y Montes, 2010).

Para Carcedo, 2012, los adobes compactados son piezas prismáticas de tierra que se fabrican con moldes. Teniendo como su principal característica que la tierra es comprimida dentro del molde, aumentando su compacidad y así, su resistencia mecánica.

Para CID, 2012, el adobe compactado es un producto obtenido por compresión estática de tierra húmeda mediante prensado en máquina y que puede contener estabilizantes o aditivos para alcanzar ciertas propiedades.

Los adobes compactados, son de fácil producción, y su utilización es una técnica de mayor eficiencia y rapidez; para que su desempeño estructural tenga mayor estabilidad se mezcla con estabilizantes, y se realizan ensayos para determinar los límites de consistencia. Los bloques se pueden fabricar con diversas geometrías, desde bloques macizos hasta mejorando la unión estructural (Medina y Gutiérrez, 2011).

En el Perú existe un vacío de normas en cuanto al tema de adobes compactados o bloques de tierra comprimida, por lo que las investigaciones se adaptan a la norma E-0.80 y normas internacionales.

Primeramente se debe analizar el suelo tomado en cuenta para elaborar los adobes compactados. Algunos requisitos que se debe seguir en cuanto al uso de la tierra para la fabricación de adobes, se tiene que la norma E 0.80, 2006, indica que la gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Sin embargo estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados.

Para verificar las características del suelo debe recurrirse a las pruebas de campo con el fin de verificar si el suelo cumple para ser utilizado en la elaboración de adobes. Con esta prueba se observa si hay la presencia suficiente de arcilla y se conoce la combinación adecuada de arcilla y arena gruesa (E-0.80, 2017).

Para tener una primera evaluación de la existencia de arcilla en un suelo se puede realizar la prueba “Cinta de barro”. Utilizando una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, colocado en una mano, aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es muy arcilloso. Si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla. (E-080, 2017).

Otra prueba que se realiza en campo es la “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”. Para esta prueba se elabora 4 bolitas con la palma de la mano, con tierra de la zona que se utilizará en la construcción del adobe, añadiéndole una mínima cantidad de agua de tal modo que las bolitas no se deformen al secarse. Luego se deja secar 48 horas y una vez transcurrido el tiempo de secado, se presiona fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar. En caso se quiebren, rompen o agrieten al menos 1 de las 4 se debe repetir la prueba. Si se vuelven a romper, se considera que el material de la cantera no es apta para la construcción de adobes.

*Figura 1:* Prueba de campo para suelo



Fuente: Norma E-0.80, 2017.

Además se debe realizar algunos ensayos para determinar las características del suelo a usar y poder clasificarlo. Dentro de estos ensayos están la de granulometría, límites de consistencia y entre otros.

Según la norma técnica peruana NTP 339.128, 1999, la granulometría consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen dos procedimientos, el más conocido es el análisis por tamizado. Sin embargo cuando se tiene suelos de granos más finos se recurre generalmente a procesos por sedimentación (Crespo, 2000).

Dada la gran variedad de suelos que existen en la naturaleza, la mecánica de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. La existencia de

variedad de sistemas de clasificación de suelos, se debe al hecho que existen diferentes puntos de vista, sin embargo hoy en día el más aceptado por la mayoría es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), debido a que es el que mejor satisface los diferentes campos de la aplicación de la mecánica de suelos (Crespo, 2000).

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) deriva de un sistema desarrollado por Arthur Casagrande para identificar y agrupar suelos en forma rápida en obras militares durante la guerra, específicamente es una modificación del Sistema de clasificación de Aeropuertos, así llamado originalmente debido a que estaba orientado a este tipo de obras (Juárez & Rico, 2009).

Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, de suelos de partículas gruesas y suelos de partículas finas. Se considera suelos gruesos cuando más del 50% de sus partículas son retenidas en la malla N° 200 y se consideran suelos finos cuando más del 50% de sus partículas son menores a dicha malla.

Los suelos gruesos a su vez se dividen en gravas y arenas. Estas se separan en la malla N° 4, de manera que un suelo pertenece a gravas si más del 50% de su fracción gruesa no pasa esta malla, y se consideran arenas en caso contrario, pase por la malla N°4. Las gravas se representan con el símbolo G, en tanto las arenas y suelos arenosos se representan con el símbolo S (Juárez & Rico, 2009). A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W, buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla.

Por su parte los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor (NTP 339.134, 1999).

Tabla 1: *Clasificación SUCS*

<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200				
Tipo de suelo	Símbolo	Descripción	Límite Líquido wl	Índice de Plasticidad *IP
Limos Inorgánicos	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad	<50	<0.73(wl-20) ó <4
	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.	>50	<0.73(wl-20)
Arcillas Inorgánicas	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas	<50	>0.73(wl-20) y >7
	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta	>50	>0.73(wl-20)
Limos o Arcillas orgánicos	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad	<50	**wl seco al horno >75% del wl seco al aire
	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.	>50	
Altamente Orgánicos	Pt	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		

Fuente: NTP 339.134, 1999

Tabla 2: Clasificación SUCS

SUELOS DE GRANO GRUESOS (<50% pasa por el tamiz número 200)							
Tipo de suelo	Símbolo	Descripción	%Ret mm	%Pasa 0.075 mm	CU	CC	**IP
Gravas	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava	>50% de Io Ret. En 0.075 mm	<5	>4	1 a3	
	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava	>50% de Io Ret. En 0.075 mm		>6	<16>3	
	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	>50% de Io Ret. En 0.075 mm	>12	-	-	<0.73(wl-20) ó <4
	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	>50% de Io Ret. En 0.075 mm		-	-	>0.73(wl-20) y >7
Arenas	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	<50% de Io Ret. En 0.075 mm	<5	>6	1 a3	-
	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos	<50% de Io Ret. En 0.075 mm		<6	<16>3	-

	finos o sin			
	finos.			
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	<50% de Io Ret. En 0.075 mm	-	<0.73(wl-20) ó <4
			>12	
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.	<50% de Io Ret. En 0.075 mm	-	>0.73(wl-20) y >7

Fuente: NTP 339.134, 1999

Donde:

Cu= coeficiente de uniformidad

Cc = coeficiente de curvatura

Ip= índice de plasticidad

Otro ensayo importante es la humedad o contenido de humedad de un suelo, el cual es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. El contenido de humedad de un suelo se determina como la relación que existe entre el peso del agua (Ww) contenida en la muestra y el peso de su fase sólida (Ws). Suele expresarse en porcentaje (Juárez & Rico, 2005).

Fórmula 1: Contenido de humedad

$$W (\%) = W_w/W_s * 100$$

Fuente: NTP 339.127, 1999

Donde:

W = contenido de agua o humedad (%)

Ww = peso del agua contenida en la muestra (gr)

Ws = peso de su fase sólida (gr)

Los límites de Atterberg, o límites de consistencia, sirven para cuantificar la plasticidad de un suelo. Estos límites, establecidos por Atterberg en 1911, miden la plasticidad del suelo a través de las humedades que separan los tres estados (sólido, plástico y viscoso).

El límite líquido según lo indicado en la norma técnica peruana NTP 339.129, 1999, es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se conoce también como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a los largo de su fondo en la distancia de 13 mm (1/2 pulgada) cuando se deja caer la copa 25 veces una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo.

El límite plástico según la norma técnica peruana NTP 339.129, 1999, es el contenido de humedad en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plásticos y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser enrollado alternadamente en un hilo de 3,2mm. (1/8 pulgada) sin que se rompan en pedazos.

El índice de plasticidad es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (NTP 339.129, 1999).

Fórmula 2: Índice de Plasticidad

$$IP=LL-PL$$

Fuente: ASTM D 4318-84, 2005

Donde:

LL=límite líquido (número entero)

PL=límite Plástico (número entero)

Tanto LL y PL son números enteros. Si bien el límite líquido o límite plástico no se pudo determinar, o si el límite plástico es igual o mayor que el límite líquido, el informe del suelo como no plástico, NP.



Tabla 3: *Zonas dentro de las cuales se debe ubicar el valor de los límites de Atterberg de un suelo a utilizar en la construcción con tierra.*

Límites de consistencia o de Atterberg	Zonas límites	Zonas preferenciales
Índice plástico	De 7 a 29	De 7 a 18
Límite líquido	De 25 a 30	De 30 a 35

Fuente: Craterre, 1979.

Otra parte importante es la estabilización de adobes, el cual es un tema que se esta estudiando actualmente en diferentes partes del mundo. La utilización de estabilizantes en la tierra se realiza con el fin de mejorar su resistencia a la deformación. Cada estabilizador puede cumplir una de las siguientes funciones:

- Incrementa la resistencia a la compresión y al impacto de la construcción de tierra, y también reduce su tendencia a la dilatación o contracción, aglomerando las partículas de suelo unas a otras.
- Reduce o elimina completamente la absorción de agua (que causa dilataciones, contracciones y erosión) sellando todos los vacíos y poros, y cubriendo las partículas de arcilla con una película impermeable.
- Reduce el agrietamiento dándole flexibilidad la cual permite que el suelo se expanda o contraiga en algún grado.
- Reduce la expansión y contracción excesiva reforzando el suelo con material fibroso.

La norma UNE 41410, 2008; en el Anexo C: ESTABILIZACIÓN, recomienda reunir información sobre los estabilizantes disponibles que se puede aplicar a los bloques de tierra, mediante una serie de criterios:

- Disponibilidad regional: se preferirán productos cercanos.
- Minimización del impacto ambiental, realizándolo a partir del análisis del ciclo de vida estabilizante: consumo mínimo de energía, agua y recursos renovables; emisión mínima de sustancias tóxicas al entorno desde su extracción, fabricación, transporte, aplicación y vida útil.
- Procesos tecnológicos apropiados a la puesta en obra y al mantenimiento.
- Evaluación económica.

Según la acción que ejerce sobre el material tierra encontramos tres tipos de estabilizaciones:

- a) Estabilización física: el estabilizante sólo interactúa como una estructura independiente, mejorando las propiedades físicas de la tierra. Algunos ejemplos comúnmente empleados según norma UNE 41410 son:
  - a.1) Estabilización por compensación granulométrica: Se realiza mezclando suelos naturales. Se puede utilizar limos para aportar cierta cohesión al material.
  - a.2) Estabilización con fibras: por lo general la estabilización con fibras da lugar a densidad finales bajas y buenos aislamientos. Las principales estabilizaciones se realizan a través de fibras vegetales, donde hay que tener en cuenta el proceso de humificación a complejo orgánico mineral estable, aunque hay posibilidad de realizarlo a través de fibras animales (pelo de caballo, excremento de vaca o estiércol).
- b) Estabilización química: Se originan intercambios catiónicos, y la transformación de los enlaces periféricos de las arcilla, modificando la estructura granular de la tierra. Puede dotar a la tierra de una mayor cohesión o disminuir la excesiva plasticidad. Algunos de los estabilizantes químicos, más comunes para los materiales de tierra los podemos clasificar en silicatos de sosa; compuestos naturales, compuestos artificiales y adiciones activas puzolánicas. Dentro de las adiciones activas puzolánicas podemos encontrar adiciones naturales tales como las cenizas de la

industria de azúcar y las cáscaras de arroz, y también adiciones industriales como metacaolín, polo cerámico o chamota, cenizas volantes, etc.

b.1) Chamota: la NTP 232.100 define a la chamota como una arcilla quemada, triturada y molida en partículas finas que se introduce en la formulación de una pasta para disminuir la contracción de la misma. Para su elaboración se puede emplear a modo industrial arcillas refractarias y artesanalmente se puede utilizar piezas defectuosas. Tiene la característica de no contraerse al mezclarse con la pasta, puesto que la cocción de éste, elimina el agua de su composición.

- c) Estabilización mecánica: una acción mecánica aumenta la capacidad del material. La eficacia de este sistema depende de la granulometría, el grado de compactación y el grado de humedad de la mezcla. Normalmente la estabilización mecánica se consigue por compactación del suelo.

Los residuos de construcción y demolición son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura (Artículo 6 del decreto supremo n.º 003-2013-VIVIENDA).

La generación de residuos de construcción y demolición (RCD) está íntimamente ligada a la actividad del sector de la construcción, como consecuencia de la demolición de edificaciones e infraestructuras que han quedado obsoletas, así como de la construcción de otras nuevas. Los RCD contienen materiales que pueden ser reaprovechados, como son el desmonte limpio, concreto y otros materiales de demolición, instalaciones de mobiliarios fijo de cocina, baños, tejas, tragaluces y claraboyas, soleras prefabricadas, tableros, puertas, ventanas, revestimientos de piedra, elementos prefabricados de hormigón, mamparas, tabiquerías móviles o fijas, barandillas, elementos de decoración, elementos prefabricados de hormigón, entre otros. De aquí es que entramos a tallar en el reciclado de revestimiento con cerámica (Anexo 4 decreto supremo N° 003-2013-VIVIENDA).

Dentro de los residuos o desperdicios de materiales en obras de construcción se encuentra los materiales cerámicos. Este material generalmente utilizado para revestimientos de pisos y paredes, muchas veces por su tamaño, a la hora de realizar el enchapado de este, quedarán pedazos cortados que generalmente no tienen ningún otro uso.

Capeco, 2003, establece que el porcentaje de desperdicio de materiales de losetas y mayólicas es de 5% en promedio cada una, por lo cual se plantea reciclar y triturar aquellas que sean de material cerámico, para adicionarlos en el adobe compactado, como una posible alternativa de mejora en su resistencia a compresión.

Tabla 4: *Porcentaje de desperdicio de materiales en obra*

Descripción	% de desperdicio promedio
Mezcla para concreto	5
Mortero	10
Ladrillo para muros	5
Ladrillo para techos	5
Loseta para pisos	5
Mayólica	5
Clavos	15
Madera	10
Acero de refuerzo	
Ø 3/8"	3
Ø 1/2"	5
Ø 5/8"	7
Ø 3/4"	8
Ø 1"	10

Fuente: CAPECO, 2003.

La universidad Politécnica de Hong Kong por su parte, desarrolló un estudio cuantitativo sobre las principales causas del desperdicio de materiales en obras, en las cuales mantuvo estudiantes asignados en permanente observación, luego de

recompilar la información levantada se obtuvo las causas de los desperdicios de los materiales, y en específico se obtuvo los siguientes resultados en cuanto a cerámica:

Tabla 5: *Causas de los desperdicios de cerámica en obras*

Perdidas en exceso	Pérdidas en corte	Pérdidas por nivel de abastecimiento	Cambios en el proyecto	Otros
10.7%	40%	29.3%	12.9%	7.1%

Fuente: Universidad Politécnica de Hong Kong; M. Galarza, 2011.

La reutilización de residuos se convierte en una alternativa viable para generar desechos durante el proceso de construcción. La utilidad puede venir para el usuario mediante una acción de mejora o restauración, sin modificar el producto.

Una de las ventajas de esta opción es la de disminuir los niveles de contaminación, ya que a través de este proceso desaparece el residuo, formando parte de un nuevo proceso de producción a través de la aplicación del material reutilizado y aplicado en nuevas obras.

Dentro de los residuos generalmente podemos encontrar la cerámica. Actualmente, se entiende por material cerámico o cerámica cualquier material inorgánico, esencialmente no metálico, y que es generalmente frágil.

Dentro de los tipos de cerámica podemos encontrar la industrial y la cerámica artesanal. Como cerámica industrial se entiende toda aquella producción de materiales cerámicos destinados a al revestimiento de suelos (pavimento) y paredes (revestimiento). El otro tipo de cerámica existente se denomina cerámica artesanal o loza y consiste en la producción de utensilios cerámicos como pueden ser tazas, platos, bandejas, tejas, tubos, etc.

La norma ISO 13006/10545 define el revestimiento cerámico como placa fina hecha de arcillas y/o otros materiales inorgánicos calcinados a temperatura suficiente como

para desarrollar las propiedades requeridas. Se forman por extrusión, por prensado o por otros métodos y se usan generalmente como recubrimiento de pisos y paredes.

La norma UNE-EN 14441 define las baldosas cerámicas como placas de poco grosor, generalmente utilizadas para revestimiento de suelos y paredes, fabricadas a partir de composiciones de arcillas y otras materias primas inorgánicas, que se someten a molienda o amasado, se moldean y seguidamente son secadas y cocidas a temperatura suficiente para que adquieran las propiedades requeridas de modo estable.

La cerámica es un material de revestimiento antiquísimo. En su composición, la cerámica actual sigue teniendo a la arcilla como materia prima; arcilla y agua, como antaño. Pero se incorpora a la receta elementos fundentes (óxido de hierro, carbonato de calcio, feldespato y otros), así como quemantes (que permiten una mejor cocción, como la lignita, el aserrín, la termo arcilla, entre otros), desengrasantes (arena, escoria y otros que quitan plasticidad) y plastificantes (como la bentonita y las arcillas trimórficas).

Entre las cualidades más destacables de este material, destacan su gran resistencia y durabilidad. Se trata de un material que puede resistir la vida útil de un edificio, permitiendo que se conserven hasta las baldosas originales de la época de su construcción. Otra de las ventajas con las que cuenta es su elevada inercia térmica, lo que permite que actúe de manera muy eficiente como regulador del calor.

La norma UNE- 41410 indica que dentro de los estabilizantes químicos se encuentran adiciones activas puzolánicas y dentro de este se encuentran la chamota. Por lo que consideramos que al utilizar cerámica triturada se puede decir que utilizaremos un estabilizante similar a éste, para la fabricación de adobes compactados.

Las baldosas cerámicas siguen un proceso de fabricación, se tiene los siguientes pasos:

- Preparación de las materias primas: selección de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta, que son fundamentalmente arcillas,

feldespatos, arenas, carbonatos y caolines. El material seleccionado es triturado y homogenizado por vía seco o vía húmeda para obtener una distribución de tamaño de partícula óptima.

- **Conformación y secado en crudo de la pieza:** se realiza un prensado en seco en prensas hidráulicas, la pieza cerámica una vez conformada se somete a una etapa de secado con el fin de reducir el contenido de humedad de las piezas tras su conformado, hasta niveles lo suficientemente bajos (0,2-0,5 %), para que las fases de cocción y esmaltado se desarrollen adecuadamente.
- **Cocción o cocciones, con o sin esmaltado:** consiste en someter a las piezas a un ciclo térmico, durante el cual tienen lugar una serie de reacciones en la pieza que provocan cambios en su microestructura y les confieren las propiedades finales deseadas.
- **Tratamientos adicionales:** se aplican en diferentes puntos del proceso general de fabricación para obtener piezas diferenciadas.
- **Clasificación y embalaje.** Se realiza al final del proceso de forma automática mediante equipos mecánicos y observación superficial.

*Figura 2: Proceso de fabricación de baldosas cerámicas*



Fuente: Instituto de Tecnología de Cerámica ITC, 2011.

Según la norma ISO 13006, la clasificación básica de las baldosas cerámicas resulta del método utilizado para su moldeo y de la absorción de agua. Las baldosas pueden ser moldeadas por extrusión o por prensado en seco. Las baldosas extrudidas forman el grupo A de las normas y las prensadas en seco, el grupo B.

La porosidad de las baldosas cerámicas se expresa por el porcentaje de absorción de agua sobre el peso total de la baldosa, medido según un ensayo normalizado. La porosidad guarda una relación próxima con algunas de las restantes características de las baldosas cerámicas.

La absorción de agua hasta el 3% se considera baja (grupo I) y, dentro de ella, hasta el 0,5% muy baja (grupo Ia). Entre 3% y 6%, se considera media-baja (grupo IIa) y entre 6% y 10%, media-alta (grupo IIb). Por encima del 10%, la absorción se considera alta (grupo III).

Tabla 6: *Clasificación de baldosas cerámicas según ISO 13006*

BALDOSAS		Grupo I $E \leq 3\%$	Grupo IIa $3\% < E \leq 6\%$	Grupo IIb $6\% < E \leq 10\%$	Grupo III $E > 10\%$
TIPOS DE MOLDEO	A. BALDOSAS EXTRUIDAS	Grupo AI Absorción de agua baja ( $E \leq 3\%$ ).	Grupo AIIa Absorción de agua media baja.	Grupo AIIIb Absorción de agua media alta.	Grupo AIII Absorción de agua alta.
	B. BALDOSAS PRENSADAS EN SECO	Grupo BIa Absorción de agua muy baja ( $E \leq 0,5\%$ ).	Grupo BIIB Absorción de agua.	Grupo BIII Absorción de agua media alta.	Grupo BIII Absorción de agua alta.

Fuente: ISO 13006-2010

Los tipos corrientes de baldosas cerámicas se describen a continuación, utilizando las denominaciones más extendidas y teniendo en cuenta criterios objetivos de carácter técnico u otros.



Tabla 7: *Tipos de baldosa cerámica*

Tipos de Baldosa	Moldeo	Superior	Esmalte	Grupo norma ISO 13006
Azulejo	Prensado	Poroso	SI	BIII
Pavimento de gres	Prensado	No Poroso	Si	BIb-BIIa
Gres porcelánico	Prensado	No Poroso	No	BIa
Gres rustico	Extrudido	No Poroso	No	AI-AIIa
Barro cocido	Extrudido	Poroso	No	AIIb 2 AIII

Fuente: Guía de baldosa cerámica, 2011.

Para esta investigación se utilizó reciclaje de baldosas cerámicas de pavimento de gres, gres rustico y azulejos, las cuales son las más comunes en las construcciones en el Perú.

Por otro lado, el proceso de compactación en los adobes es un paso importante en la mejora de sus propiedades. La compactación es un proceso que ayuda a la mejora mecánica de la tierra. La compactación es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades. Disminución de la contracción del suelo (Caballero, M., et al., 2010).

En la década de los 50, se ideó la primera prensa para la construcción de bloques de tierra comprimida. La máquina, conocida como Cinva-Ram, fue ideada en Colombia por el ingeniero Raúl Ramírez, del “Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento”. Las ventajas de esta máquina son su simplicidad mecánica, ligereza y sencillez de utilización, que la han hecho ideal para la producción de bloques in situ.

La utilización de prensas mecánicas supone una mejoría en la calidad de las piezas obtenidas, desde el punto de vista formal y mecánico, lo que facilita su colocación en obra. La utilización de maquinaria “portátil” permite un aprovechamiento del terreno obtenido de la propia excavación de la obra (Maldonado, Castilla, & Vela, 2001).

Un ensayo que se toma en cuenta para la fabricación de adobes compactados es el de compactación Proctor, el cual es el mejoramiento artificial de las propiedades del suelo por medios mecánicos, con los cuales se disminuye los vacíos, se incrementa la resistencia y se disminuye la capacidad de deformación.

El método está basado en la determinación de las densidades secas de varias probetas, compactadas en idénticas condiciones pero con contenidos de humedad diferentes. Para cada contenido de humedad se alcanza una determinada densidad, de manera que estos pares de valores, representados en coordenadas cartesianas, definen la relación buscada.

El objeto del ensayo es determinar, en un suelo o capa granular, la relación entre la densidad seca y la humedad para una energía de compactación de  $2700 \text{ kn}\cdot\text{m}^3/\text{m}^3$ , y definir la densidad seca máxima y su humedad correspondiente, denominada óptima, que se puede conseguir con ese suelo en el laboratorio (ASTM D1557).

El proctor modificado según NTP 339-141, 1999, se aplica sólo para suelos que tienen 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 3/4" (19,0 mm). Existen 3 procedimientos alternativos para este ensayo, son presentados a continuación:

1. Método A.

Uso: cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).

Molde: 4 pulgadas de diámetro.

Material: se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).

Número de capas = 5

Número de golpes por capa: 25 golpes/capa.

## 2. Método B.

Uso: cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4.75 mm) y 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg. (9.5 mm).

Molde: 4 pulgadas de diámetro.

Material: se emplea el que pasa por el tamiz 3/8 pulg. (9.5 mm).

Número de capas = 5

Número de golpes por capa: 25 golpes/capa.

## 3. Método C.

Uso: cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg. (9.5 mm) y menos del 30% en peso del material es retenido en el tamiz 3/4 pulg. (19 mm).

Molde: 6 pulgadas de diámetro.

Material: se emplea el que pasa por el tamiz de 3/4” (19,0 mm).

Número de capas = 5

Número de golpes por capa: 56 golpes/capa.

Los suelos y las mezclas de suelo-agregado deben ser considerados como suelos naturales de grano fino, grueso, compuestos, mezcla de suelos naturales o mezclas de suelos naturales y suelos procesados o agregados, tales como: limo, grava o roca triturada.

Para la fabricación de adobes compactados se usa la prensa Cinva Ram. Es una máquina de fácil manejo para hacer bloques para la construcción usando tierra como materia prima. Básicamente la prensa está hecha completamente de acero y consta de una caja o molde dentro del cual un pistón utilizado a mano, comprime la mezcla de la tierra fresca para formar el bloque.

La máquina CINVA es capaz de moldear a alta presión, bloques de tierra densos y de muy buena calidad, entre 400 a 600 bloques en un jornal (8 horas) de trabajo diario (Voluntarios en asistencia técnica. Inc, 1977).

Características:

- Peso: 67 kilogramos
- Altura y ancho de la base: 25 cm \* 41 cm \* 51 cm
- Aplicación de la fuerza a la palanca: 36.5 kilogramos.
- Presión producida por esta fuerza: 18 000 kilogramos
- Fuerza de resistencia a la compresión: 280 00 – 560 000 kg/cm<sup>2</sup> (kilogramos por metro cuadrado).
- Promedio de bloques que pueden ser hechos por jornada: de 400 a 600 bloques.

La norma E-0.80, 2017 “ADOBE” indica que los ensayos para la obtención de los esfuerzos admisibles de diseño considerarán la variabilidad de los materiales a usarse. Para fines de diseño se considerará los siguientes esfuerzos:

Resistencia a compresión, el cual es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe.

El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia ultima como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de mínimo aceptable de  **$f_o=12 \text{ kg/cm}^2$**

Fórmula 3: Resistencia a compresión simple

$$F'b = Pm/Ab$$

Fuente: NTP. 399.613, 2003

Donde:

F'b= resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm<sup>2</sup>)

Pm= carga máxima de rotura (kg)

$A_b$  = área bruta de la unidad de albañilería ( $\text{cm}^2$ )

La resistencia característica a compresión axial de la unidad ( $f'_b$ ), se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

Resistencia a flexión, este ensayo consiste en aplicar una carga a los tercios de la luz en una probeta de ensayo en forma de viga, hasta que la falla ocurra. El módulo de rotura, se calculará, según que la grieta se localice dentro del tercio medio o a una distancia de éste, no mayor del 5% de la luz libre (NTP. 339.078, 1999).

Según Gallegos, 2005, el ensayo de tracción por flexión se efectúa en la máquina de compresión sobre una unidad entera a la cual se apoya con una luz no mayor de 18cm y se carga al centro.

Fórmula 4: Módulo de rotura

$$M_r = \sigma = \frac{3PL}{2bxh^2}$$

Fuente: NTP. 339.078, 1999

En donde:

$M_r$ : módulo de rotura, en  $\text{kg/cm}^2$ .

P: carga máxima de rotura, en kilogramos.

L: luz libre entre apoyos, en centímetros.

b: ancho promedio de la probeta en la sección de falla, (cm)

h: altura promedio de la probeta en la sección de falla, (cm)

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste mayor del 5% de la luz libre, se rechaza el ensayo.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la resistencia a compresión y resistencia a flexión del adobe compactado con reemplazo de desperdicios de cerámica triturada por tierra?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la resistencia a compresión y resistencia a flexión del adobe compactado con reemplazo de 5%, 10% y 15% de cerámica triturada.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo para elaboración de adobes, obtenido de la cantera “Cruz Blanca”.
- Elaborar adobes compactados sin y con reemplazo de porcentajes de cerámica triturada: 5%, 10% y 15% respecto al peso del adobe patrón.
- Determinar la resistencia a compresión del adobe compactado patrón y los adobes compactados con reemplazo de 5%, 10% y 15% de tierra por desperdicios de cerámica triturada.
- Determinar la resistencia a flexión del adobe compactado patrón y los adobes compactados con reemplazo de 5%, 10% y 15% de tierra por desperdicios de cerámica triturada.

### **1.4. Hipótesis**

El reemplazo de tierra por cerámica triturada, en porcentajes de 5%, 10% y 15% en el adobe compactado, incrementa su resistencia a compresión y flexión hasta en un 5%.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Experimental

### 2.2. Población y muestra

De acuerdo a la norma E-0.80 de Albañilería se elaboró un total de 56 unidades de adobe compactado como población.

- Ensayo a Compresión Axial: según lo especificado en la norma E-080 de adobe (Reglamento Nacional de Edificaciones), se realiza un mínimo de 6 cubos. En la presente investigación se elaboró 7 cubos para cada % de cerámica triturada utilizado.

Tabla 8: *Muestras para ensayo resistencia a compresión*

Muestras elaboradas	Tipo de adobe
7	Unidades de adobe compactado sin adiciones.
7	Unidades de adobe compactado con 5% de reemplazo de cerámica triturada
7	Unidades de adobe compactado con 10% de reemplazo de cerámica triturada
7	Unidades de adobe compactado con 15% de reemplazo de cerámica triturada

- Ensayo a Flexión: según lo especificado en la norma E-080 de adobe (Reglamento Nacional de Edificaciones), se realiza un mínimo de 6 cubos. En la presente investigación se realizó 7 cubos para cada % de cerámica triturada utilizado.

Tabla 9: *Muestras para ensayo resistencia a flexión*

Muestras elaboradas	Tipo de adobe
7	Unidades de adobe compactado sin adiciones.
7	Unidades de adobe compactado con 5% de reemplazo de cerámica triturada
7	Unidades de adobe compactado con 10% de reemplazo de cerámica triturada
7	Unidades de adobe compactado con 15% de reemplazo de cerámica triturada

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

- Esta investigación se elaboró a través de ensayos de laboratorio, llevados a cabo en el laboratorio de concreto y suelos de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca. Las variables a evaluar son ensayo de resistencia a compresión y resistencia a flexión, para unidades de adobe compactado con reemplazo de desperdicio de cerámica triturada.

Tabla 10: *Recolección de Datos*

VARIABLES	RECOLECCION DE DATOS		
	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE COMPACTADO	EXPERIMENTO (ADODE COMPACTADO)	OBSERVACION DIRECTA	-HOJA DE DATOS. -MAQUINA DE COMPRESION
RESISTENCIA A FLEXION DEL ADOBE COMPACTADO	EXPERIMENTO (ADODE COMPACTADO)	OBSERVACION DIRECTA	-HOJA DE DATOS. -MAQUINA DE COMPRESION



## 2.4. Procedimiento

### Obtención y caracterización de materiales

#### Suelo:

La extracción se realizó mediante excavación manual. Se realizó el cuarteo respectivo del material in situ para posteriormente realizar el estudio de suelos en laboratorio.

Se obtuvo el material (suelo) de la cantera zona “Cruz Blanca”.

Datos de la cantera:

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: Cajamarca                      Datum: Wgs84
- Caserío: Cruz Blanca                      Zona UTM: 17S
- Coordenadas:    Norte: 9204513.19    Este: 774883.43

*Figura 3:* Ubicación de la cantera en estudio (croquis)



Fuente: Google Earth, 2018.

*Figura 4: Visita a cantera en Cruz Blanca*



*Figura 5: Prueba de campo en cantera Cruz Blanca*



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cerámica triturada:

La cerámica se obtuvo del reciclaje de desperdicios en obras de construcción, en las calles de la ciudad de Cajamarca y en algunos lugares de venta de cerámica donde también quedan desperdicios por roturas del material o por defectos de fábrica.

La trituración del desperdicio de cerámica triturada se realizó de manera manual con la ayuda de martillo y un batan de moler. Posteriormente se realizó el tamizado del material por la malla #4, eliminando el material retenido.

*Figura 6:* Proceso manual de trituración de cerámica



## **Ensayos de suelos**

### **Ensayo de granulometría por lavado**

Este ensayo se basó en la norma NTP 339.128, 1999 (Método de ensayo para el análisis granulométrico).

Se tomaron 1.5 kilogramos de material aproximadamente.

El ensayo consistió en lavar el material en un recipiente limpio hasta que el agua de lavado quede cristalina, luego se colocó el material en una tara para luego ser llevado al horno por 24 horas.

*Figura 7:* Realizando ensayo granulometría por lavado



Finalmente, pasadas las 24 horas se sacó la muestra del horno y se la pasó por los juegos de tamices (3/8”, N°4, N°10, N°20, N°30, N°40, N°100 y N°200) para obtener los porcentajes de arena, limo y arcilla que contiene dicho suelo de acuerdo a los porcentajes retenidos de la muestra en cada tamiz.

*Figura 8:* Proceso de tamizado de material lavado



### **Contenido de humedad**

Para este ensayo se tomó tres muestras del suelo, primeramente se realizó el cuarteo del material y luego se colocó las muestras en taras, posteriormente se pesó cada muestra para obtener el peso húmedo y se las dejó en el horno por 24 horas.

Al sacar las muestras del horno se las vuelve a pesar para obtener el peso seco y se procesan los datos obtenidos para obtener el porcentaje promedio del contenido de humedad del suelo.

*Figura 9: Colocación de muestras en el horno*



### **Límites de consistencia o Atterberg**

- Límite líquido

Para realizar este ensayo, se utilizó aproximadamente 300 gr de muestra.

Es una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme.

Colocar una porción de pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.

En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quede dividida en dos partes.

Elevar y dejar caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm. Registrar el número de golpes.

Mediante la espátula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad. Retirar el suelo remanente de la copa de Casagrande y colocar en la cápsula de porcelana.

Agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto. O agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (El número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35)

Repetir el ensayo mínimo 2 veces más.

Dibujar la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de abscisas se registrara el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural. Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.

- **Límite plástico**

Para el ensayo de límite plástico, primero sobre una lámina de vidrio se hicieron rollitos amasando con las manos, luego se colocaron pequeñas muestras de éstos en taras para dejarlas en el horno por 24 horas. Al sacar las muestras del horno se pesaron y posteriormente se tomó datos para hallar el límite plástico.

### **Ensayo de proctor modificado**

Este ensayo hizo referencia a la norma NTP 339-141, 1999 (Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada 2, 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56, 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>).

Para realizar este ensayo se necesitaron 60 kilogramos de muestra de suelo aproximadamente: 15 kilogramos para ensayo del adobe patrón sin adiciones, 15 kilogramos para el adobe con adición de 5% de cerámica triturada, 15 kilogramos para el adobe con adición de 10% de cerámica triturada y 15 kilogramos para el adobe con adición de 15% de cerámica triturada.

El ensayo consistió en preparar 4 muestras con un determinado porcentaje de agua cada una, para cada porcentaje determinado, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente en 1½ en ellas. Luego se ensambló el molde cilíndrico con la placa de base y el collar de extensión y el papel filtro. Se compactó cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 golpes (depende del método A, B o C), al terminar de compactar la última capa, se retira el collar de extensión, se enrasa con la espátula y se determina la densidad húmeda (Dh).

Pasadas las 24 horas se sacaron las muestras del horno y se las pesó para procesar los datos y finalmente se obtuvo la curva densidad óptima - porcentaje de humedad. Esta curva permitió determinar la cantidad de agua óptima que debió agregarse a cada adobe.

*Figura 10:* Realizando ensayo de proctor modificado



### **Fabricación de dobles.**

Los adobes no se fabricaron en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte por el poco espacio que éste presenta. Para ello se utilizó otro ambiente externo, el cual debía ser lo suficientemente amplio y limpio, con una superficie plana, de modo que no se deformen los adobes. El ambiente también debe ser techado, con el fin de evitar el contacto con la lluvia y con el sol, puesto que éste genera rajaduras en el adobe.

Los especímenes se elaboraron con las mismas medidas y el mismo tipo de suelo, solo se variaron los porcentajes de adición de cerámica triturada.

*Figura 11: Lugar utilizado para la fabricación de los adobes*



### **Diseño experimental.**

- Tamizado

Una vez teniendo el material se procedió a tamizar por la malla N°4 para evitar la presencia de piedras o grumos grandes de tierra seca. De acuerdo a la capacidad del molde, se utilizó 9,5 kg de tierra tamizada por la malla N°4. De acuerdo a esto se sacó la dosificación del agua, con el porcentaje de agua corregido previamente.

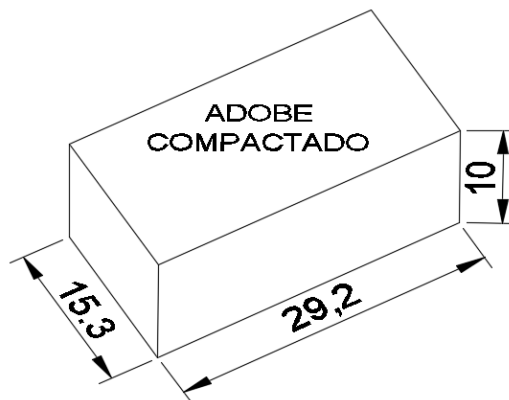


### Cálculo de materiales

Teniendo la clasificación de suelos y cumpliendo con la norma, se realizó el diseño de mezclas con la cantidad de tierra necesaria y la cantidad de agua necesaria, de acuerdo al porcentaje de contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo proctor, por adobe.

Como primer paso se realizó algunos adobes de prueba, de tal modo que sirvan para hallar cuanta cantidad de mezcla es necesaria para que el adobe tenga las medidas de 29.2cmX15.3cmX10cm de acuerdo al molde de la máquina Cinva Ram de la Universidad Privada del Norte.

*Figura 12:* Medidas del molde de la máquina Cinva Ram



Se elaboró muestras de adobes con cantidades de tierra de 9000 gr, 9250 gr y 9500 gr de tierra, cada una con su respectivo contenido de agua de acuerdo al porcentaje calculado en el ensayo proctor. Se halló que la cantidad de 9500gr de tierra era necesario para las medidas antes mencionadas.

- ✓ Muestra 1 (9000gr): medidas 29.2cmx15.2cmx9.3cm
- ✓ Muestra 2 (9250gr): medidas 29.2cmx15.2cmx9.7cm
- ✓ Muestra 3 (9500gr): medidas 29.2cmx15.2cmx10cm

Como segundo paso se elaboró dos adobes más con esta cantidad de tierra y se verificó las medidas sean las mismas, concluyendo que se necesita 9500 gr para cada muestra, por lo que para los demás adobes sin adición de cerámica se trabajó con la

misma cantidad. Para los adobes con cerámica triturada se reemplazó un porcentaje de tierra, y se trabajó con 5% de cerámica y 95% tierra; 10% de cerámica y 90% tierra; 15% cerámica y 85% tierra, de 9500 gr como total del peso de la mezcla.

- Para las unidades de adobes compactados para ensayo de resistencia a flexión las medidas fueron:

Largo = 29.2 cm, ancho = 15.3 cm, espesor = 10 cm

- Para las unidades de adobes compactados para ensayo de resistencia a compresión se utilizan mitades de un adobe entero, las medidas fueron:

Largo = 14.6 cm, ancho = 15.3 cm, espesor = 10 cm

Estas medidas fueron extraídas de la máquina CINVA RAM de la Universidad Privada del Norte.

*Figura 13:* Elaboración de muestras para cálculo de cantidad de materiales



*Figura 14:* Muestra de cálculo de material por adobe



*Figura 15:* Peso de tierra para elaboración de adobe de cálculo de material



Figura 16: Peso de tierra para elaboración de adobe de cálculo de material

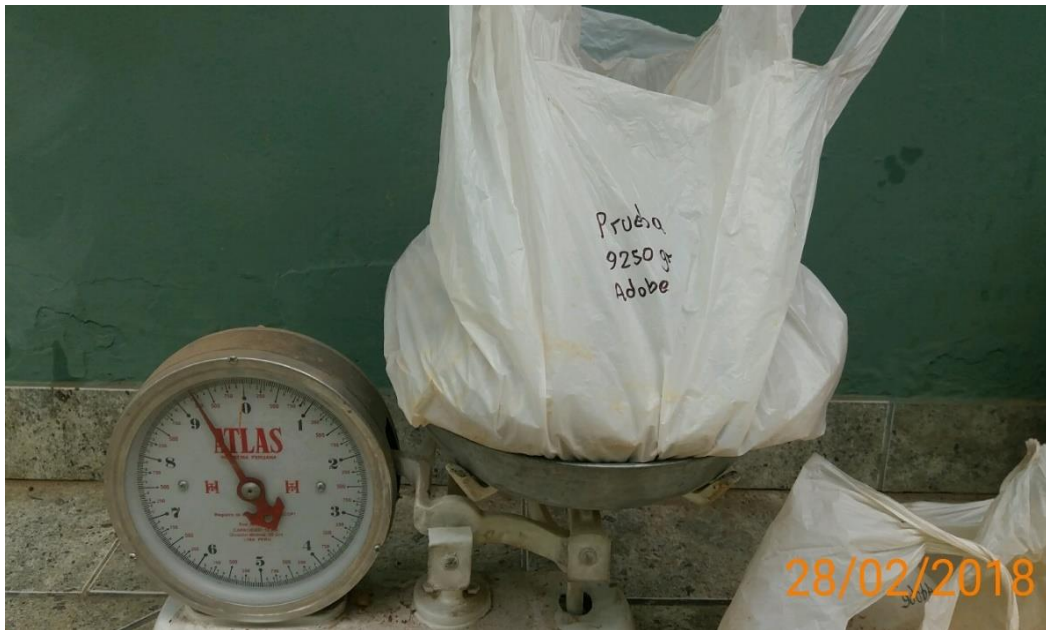
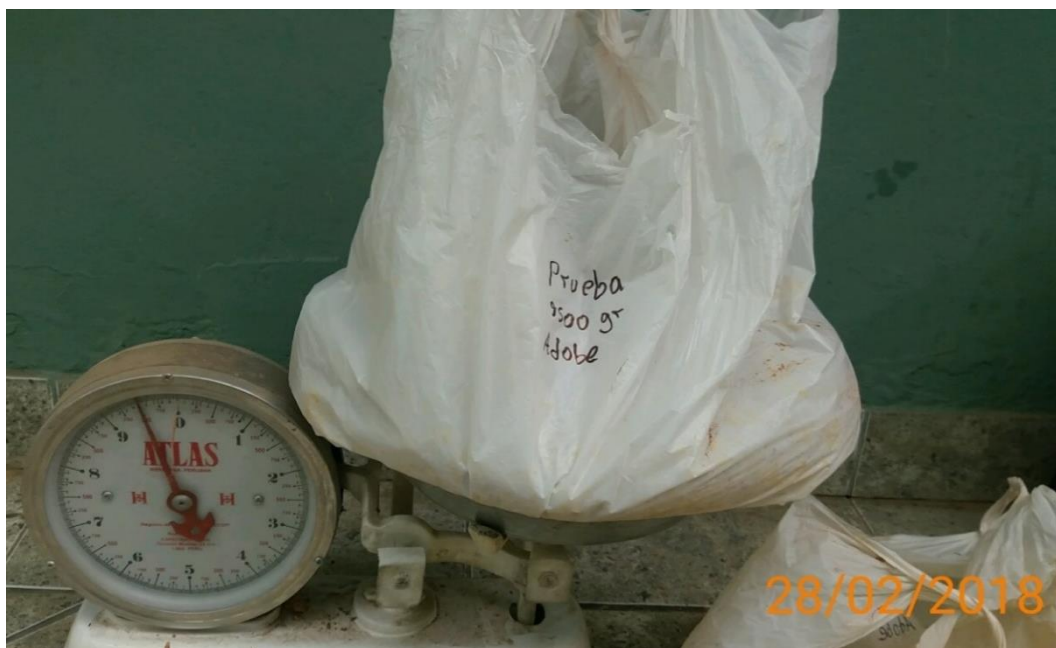


Figura 17: Peso de tierra para elaboración de adobe de cálculo de material



*Figura 18:* Medición de largo de adobes de muestra para cálculo de cantidad de material



*Figura 19:* Medición de ancho de adobes de muestra para cálculo de cantidad de material



Figura 20: Medición de altura de adobe de muestra para cálculo de cantidad de material



- Dosificación de agua

El porcentaje que se añadió a cada adobe se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo de proctor modificado. Previamente a la adición de agua, se debe verificar el contenido de humedad de la tierra en el momento de la fabricación de los adobes.

De acuerdo al contenido de humedad y al porcentaje de agua óptimo obtenido del ensayo de proctor modificado para cada porcentaje, se corregirá que porcentaje de agua debemos adicionar en ese momento.

- ✓ Adobe patrón: 13.2% de 9500 gr = 1,254 L
- ✓ Adobe con 5% de cerámica triturada: 14.0% de 9500 gr = 1,330 L
- ✓ Adobe con 10% de cerámica triturada: 14.8% de 9500 gr= 1,406 L
- ✓ Adobe con 15% de cerámica triturada: 15.7% de 9500 gr= 1,492 L

- Dosificación de cerámica triturada

La cerámica triturada se tamizó por la malla N° 4.

Para cada adobe se colocará 5%, 10% y 15% en proporción al peso total de mezcla de material que se emplea en cada uno de estos (9,5 kg), reemplazando una cantidad

de la tierra utilizada, a excepción de los adobes compactados con 0% de cerámica triturada, a los cuales solo se agregó la cantidad de agua calculada anteriormente.

Para la adición de la cerámica se debe remojar previamente el material, con el fin de que éste, no absorba el agua del adobe compactado.

- ✓ Adobe con 5% de cerámica triturada: 5% de 9500 gr = 475 gr
- ✓ Adobe con 10% de cerámica triturada: 10% de 9500 gr = 950 gr
- ✓ Adobe con 15% de cerámica triturada: 15% de 9500 gr = 1425 gr

- Prensado en máquina Cinva Ram

Primero se debió limpiar con un poco de aceite el molde de la máquina Cinva Ram con el fin de evitar que la tierra se pegue a este a la hora de retirar el adobe.

Para fabricar los adobes se elaboró la mezcla de tierra con la cantidad de agua que se obtuvo del ensayo proctor. Se lo dejó en bolsas por dos días y luego se procedió a colocar el material en el molde. Para la manipulación de la máquina Cinva Ram se contó con el apoyo de 2 obreros para sujetar la máquina y para la manipulación de la palanca al momento de presionar el material. En esta investigación se decidió presionar la palanca de la máquina Cinva Ram hasta 4 veces, tratando de que el prensado del adobe sea mayor.

- Acopio

Una vez elaborados los adobes compactados, se colocaron en fila organizados de acuerdo a cada porcentaje en una superficie plana, seca y limpia.

- Secado

Los adobes se secaron bajo una superficie techada. Se los volteó a los 14 días para tener uniformidad de secado. El secado duró 28 días.

*Figura 21:* Fabricación de adobes compactados



*Figura 22:* Acopio de adobes compactados





### **Ensayo de resistencia a compresión.**

Los especímenes fueron ensayados con la prensa hidráulica (máquina para ensayo a compresión – laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte - sede Cajamarca.

Este ensayo se basó en la Norma Técnica Peruana (NTP. 399.613, 2003)

La cantidad de especímenes que se ensayaron fue:

- 7 adobes con 0% de reemplazo de cerámica triturada.
- 7 adobes con 5% de reemplazo de cerámica triturada.
- 7 adobes con 10% de reemplazo de cerámica triturada.
- 7 adobes con 15% de reemplazo de cerámica triturada.

*Figura 23:* Realizando ensayo de resistencia a compresión axial de los adobes compactados



#### 2.4.1. Ensayo de resistencia a flexión.

Los especímenes fueron ensayados con la prensa hidráulica (máquina para ensayo a compresión – laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte - sede Cajamarca).

Este ensayo se basó en la Norma Técnica Peruana (NTP. 399.613, 2003)

La cantidad de especímenes que se ensayaron fue:

- 7 adobes con 0% de reemplazo de cerámica triturada.
- 7 adobes con 5% de reemplazo de cerámica triturada.
- 7 adobes con 10% de reemplazo de cerámica triturada.
- 7 adobes con 15% de reemplazo de cerámica triturada.

*Figura 24:* Realizando ensayo de resistencia a flexión axial de los adobes compactados



### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### Resultados de los ensayos para la clasificación del suelo

##### Contenido de humedad

Tabla 11: *Resultado contenido de humedad del suelo*

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Nro. recipiente (Tara)	1	2	3
Peso de la tara (gr)	71.80	72.70	71.10
Peso tara + muestra húmeda (gr)	368.60	386.50	375.30
Peso tara + muestra seca (gr)	343.30	359.60	348.80
Peso de la muestra seca (gr)	271.50	286.90	277.70
Peso del agua (gr)	25.30	26.90	26.50
Contenido de humedad (%)	9.32	9.38	9.54
<b>Promedio</b>	<b>9.41%</b>		

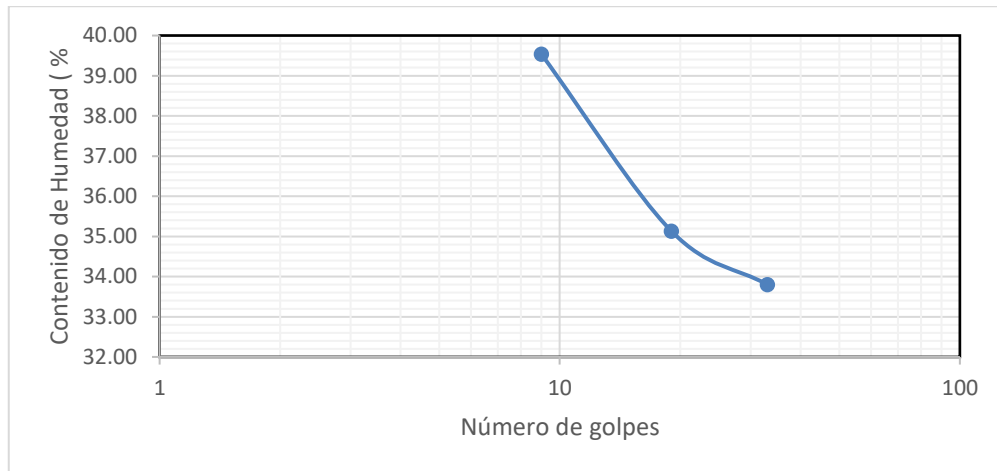
##### Límites de Atterberg

Tabla 12: *Resultado límites de Atterberg*

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	LL1	LL2	LL3	1	2
Peso de la tara	27.90	28.10	27.00	27.40	27.80
Peso tara + muestra húmeda	45.90	48.10	46.10	39.90	40.80
Peso tara + muestra seca	40.80	42.90	41.30	37.50	38.40
Peso de la muestra Seca	12.9	14.8	14.3	10.10	10.60
Peso del agua	5.1	5.2	4.8	2.4	2.4
Contenido de humedad (%)	39.53	35.14	33.57	23.76	22.64
Promedio		36.08		23.20	
N° de golpes	9	19	33		

Límite líquido:	36.08%	Límite plástico:	23.20%	Índice de plasticidad:	12.88%
-----------------	--------	------------------	--------	------------------------	--------

Figura 25: Límites de consistencia



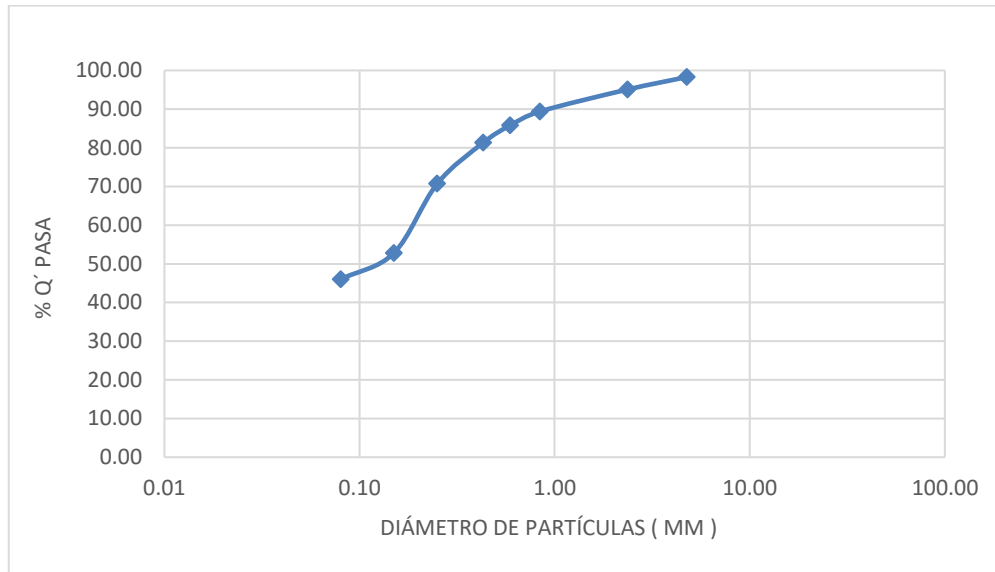
### Análisis granulométrico

Tabla 13: Análisis granulométrico

Tamiz	Abertura (mm)	PRP	% RP	% RA	% Q' Pasa
4	4.760	8.6	1.72	1.72	98.28
10	2.360	16.1	3.22	4.94	95.06
20	0.840	28.4	5.68	10.62	89.38
30	0.590	18.1	3.62	14.24	85.76
40	0.430	22.3	4.46	18.70	81.30
60	0.250	52.9	10.58	29.28	70.72
100	0.15	89.7	17.94	47.22	52.78
200	0.08	33.8	6.76	53.98	46.02
Perdida por Lavado		267.30	46.02	100.00	
<b>Total retenido :</b>		232.70	53.98		

% Que pasa la malla N°200	46.02
---------------------------	-------

Figura 26: Curva granulométrica



### Clasificación del suelo

Con los resultados de límites de consistencia, se procedió a clasificar el tipo de suelo en la carta de plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Menos del 50% pasa la malla N° 200 y de acuerdo con los datos de límite líquido e índice de plasticidad, su índice de plasticidad es mayor que 7, por lo que su clasificación se considera como: Arena Arcillosa SC.

### Proctor modificado

#### Proctor modificado para la muestra patrón sin adición.

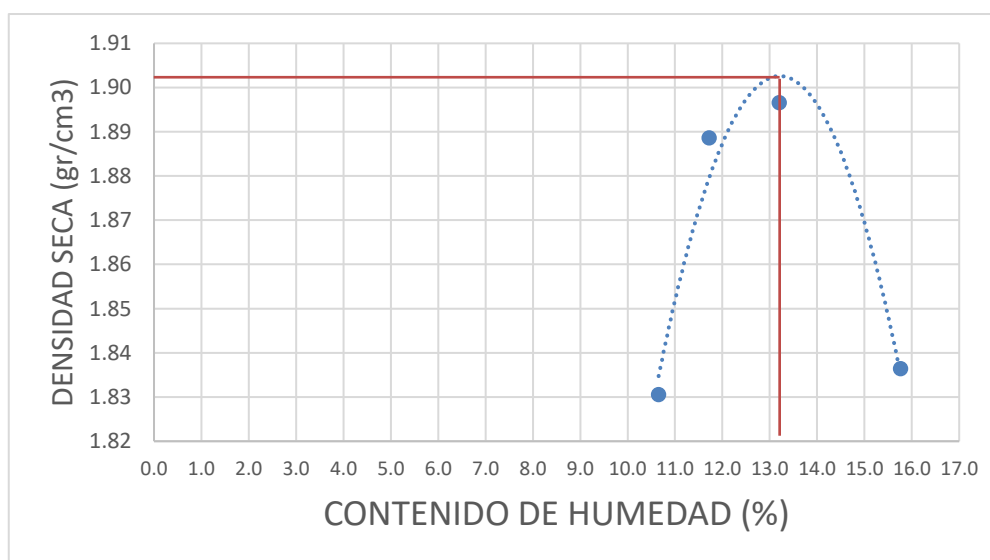
Tabla 14: Resultados proctor modificado adobe muestra patrón

MOLDE N°	1		2		3		4	
Peso molde (gr)	4185		4185		4185		4185	
Pmh + molde (gr)	6105		6180		6220		6200	
Pmh (gr)	1920		1995		2035		2015	
Vmh (cm <sup>3</sup> )	947.87		947.87		947.87		947.87	
Dh (gr/cm <sup>3</sup> )	2.03		2.10		2.15		2.13	
Tara N°	a	b	a	b	0	b	a	b
Peso tara (gr)	27.3	27.8	28.2	28	27.8	27	27.5	26.6
Pmh + t (gr)	108.3	110.2	112.3	108.7	115.9	106.3	109.1	119.3
Pms + t (gr)	99.7	103.1	103.2	100.5	105.8	96.9	97.8	106.9
Pw (gr)	8.6	7.1	9.1	8.2	10.1	9.4	11.3	12.4

MOLDE N°	1	2	3	4				
Pms (gr)	72.4	75.3	75	72.5	78	69.9	70.3	80.3
W (%)	11.88	9.43	12.13	11.31	12.95	13.45	16.07	15.44
W. prom óptimo (%)	10.65		11.72		13.20		15.76	
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	1.83		1.88		1.90		1.84	

Ds. Max. =	1.902
W. óptimo =	13.2

Figura 27: Curva de porcentaje de humedad óptimo para adobe patrón



### Proctor modificado con 5% de reemplazo cerámica triturada.

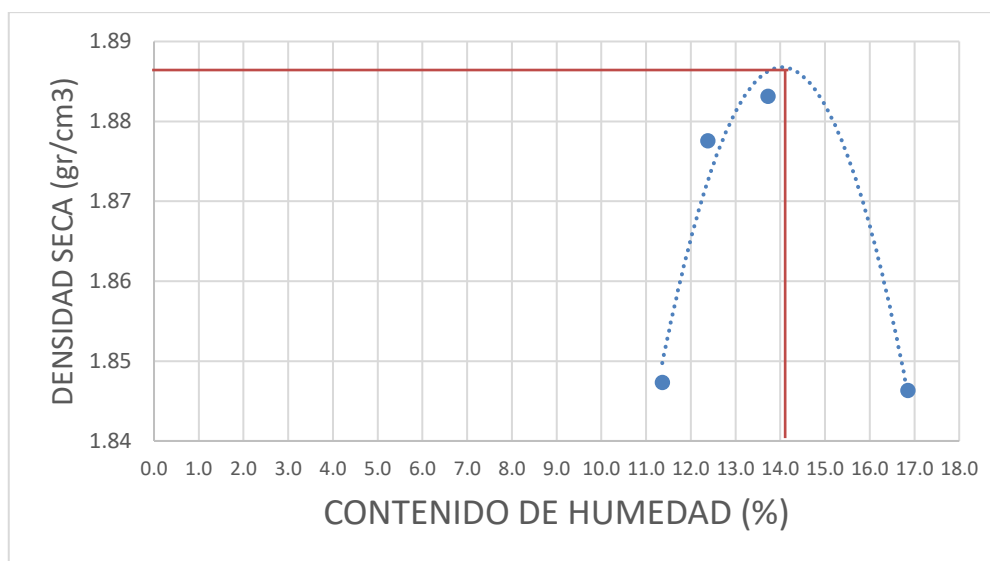
Tabla 15: Resultados proctor modificado adobe con reemplazo 5% cerámica triturada

MOLDE N°	1	2	3	4				
Peso molde (gr)	4185	4185	4185	4185				
Pmh + molde (gr)	6135	6185	6215	6230				
Pmh (gr)	1950	2000	2030	2045				
Vmh (cm <sup>3</sup> )	947.87	947.87	947.87	947.87				
Dh (gr/cm <sup>3</sup> )	2.06	2.11	2.14	2.16				
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b
Peso tara (gr)	28	27.4	28.2	28.2	27.8	26.9	27	26.7
Pmh + t (gr)	65.9	50.9	110.2	107	114.7	105.5	107.8	118.1
Pms + t (gr)	62.2	48.4	101.4	98.1	104.9	95.4	95.9	105.2
Pw (gr)	3.7	2.5	8.8	8.9	9.8	10.1	11.9	12.9
Pms (gr)	34.2	21	73.2	69.9	77.1	68.5	68.9	78.5
W (%)	10.82	11.90	12.02	12.73	12.71	14.74	17.27	16.43

MOLDE N°	1	2	3	4
W. prom óptimo (%)	11.36	12.38	13.73	16.85
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.88	1.88	1.85

Ds. max. =	1.887
W. óptimo =	14.1

Figura 28: Curva de porcentaje de humedad óptimo para adobe con reemplazo 5% cerámica triturada



### Proctor Modificado con 10% de adición de cerámica triturada.

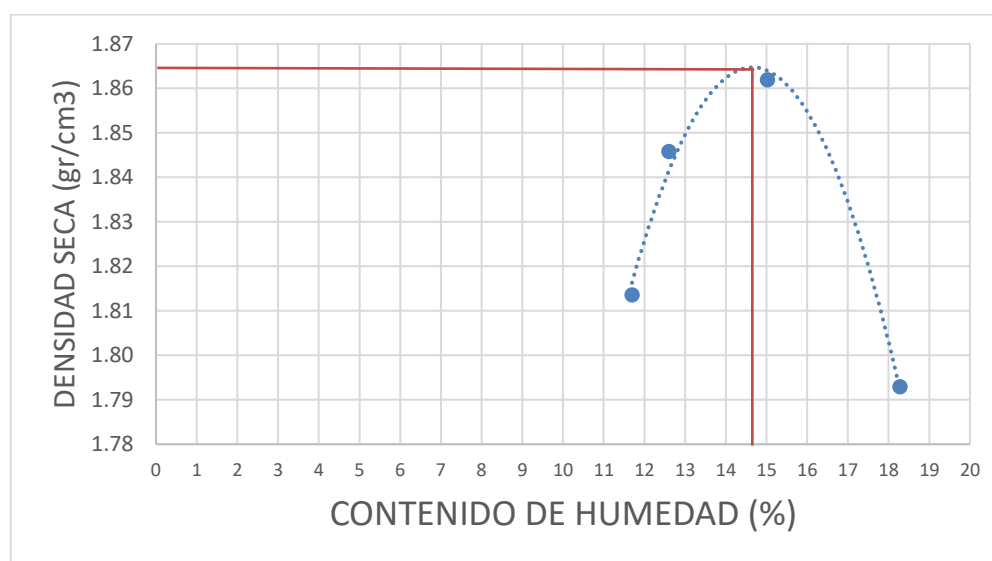
Tabla 16: Resultados proctor modificado adobe con reemplazo 10% cerámica triturada

MOLDE N°	1		2		3		4	
Peso molde (gr)	4185		4185		4185		4185	
Pmh + molde (gr)	6105		6155		6215		6195	
Pmh (gr)	1920		1970		2030		2010	
Vmh (cm <sup>3</sup> )	947.87		947.87		947.87		947.87	
Dh (gr/cm <sup>3</sup> )	2.03		2.08		2.14		2.12	
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b
Peso tara (gr)	28.1	27.6	27.7	28.3	27.6	28.1	27.6	26.6
Pmh + t (gr)	106.7	101.5	100.8	104.5	106.7	103.6	106.1	96.9
Pms + t (gr)	97.4	94.8	92.5	96.1	96.3	93.8	93.9	86.1
Pw (gr)	9.3	6.7	8.3	8.4	10.4	9.8	12.2	10.8
Pms (gr)	69.3	67.2	64.8	67.8	68.7	65.7	66.3	59.5
W (%)	13.42	9.97	12.81	12.39	15.14	14.92	18.40	18.15

MOLDE N°	1	2	3	4
W. prom óptimo (%)	11.70	12.60	15.03	18.28
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	1.81	1.85	1.86	1.79

Ds. max. =	1.864
W. óptimo =	14.8

Figura 29: Curva de porcentaje de humedad óptimo para adobe con reemplazo 10% cerámica triturada



### Proctor Modificado con 15% de adición de cerámica triturada.

Tabla 17: Resultados proctor modificado adobe con reemplazo 15% cerámica triturada

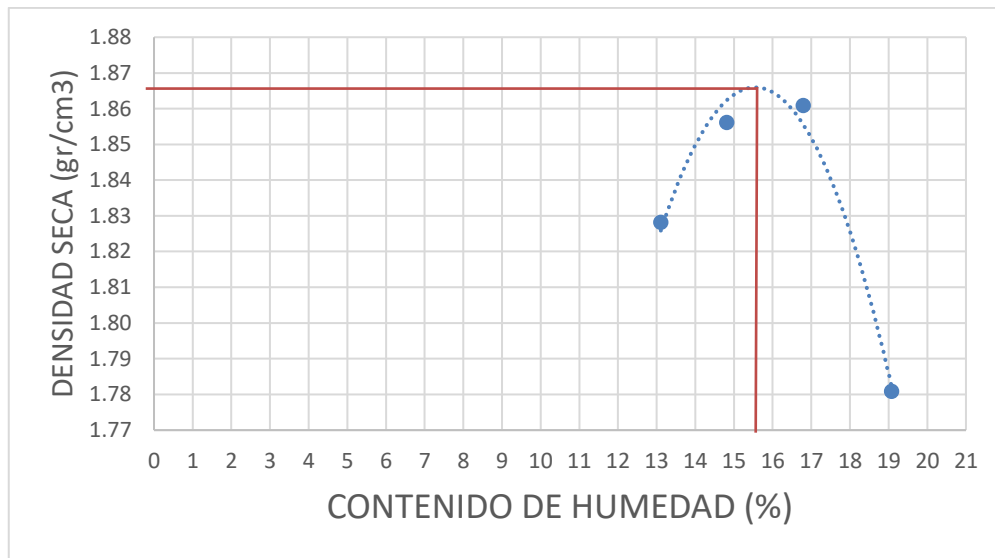
MOLDE N°	1		2		3		4	
Peso molde (gr)	4185		4185		4185		4185	
Pmh + molde (gr)	6145		6205		6245		6195	
Pmh (gr)	1960		2020		2060		2010	
Vmh (cm <sup>3</sup> )	947.87		947.87		947.87		947.87	
Dh (gr/cm <sup>3</sup> )	2.07		2.13		2.17		2.12	
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b
Peso tara (gr)	27.9	26.9	28.2	28.3	27.9	27	27	27
Pmh + t (gr)	103.7	109.1	103.5	97.2	100.3	103.5	106.8	109.5
Pms + t (gr)	94.8	99.7	93.8	88.3	89.8	92.6	94.1	96.2
Pw (gr)	8.9	9.4	9.7	8.9	10.5	10.9	12.7	13.3
Pms (gr)	66.9	72.8	65.6	60	61.9	65.6	67.1	69.2
W (%)	13.30	12.91	14.79	14.83	16.96	16.62	18.93	19.22



MOLDE N°	1	2	3	4
W. prom óptimo (%)	13.11	14.81	16.79	19.07
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	1.83	1.86	1.86	1.78

Ds. max. =	1.865
W. óptimo =	15.7

Figura 30: Curva de porcentaje de humedad óptimo para adobe con reemplazo 15% cerámica triturada



### Resultados de los ensayos a los bloques de tierra.

#### Resultados del ensayo de resistencia a la compresión

Tabla 18: Resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado patrón

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN (mm)
1	10198	45.34	4.6
2	10791	48.31	5.4
3	10107	45.25	4.24
4	10286	45.73	4.98
5	10496	46.35	4.49
6	10614	47.19	5.5
7	10695	47.88	6.37

Resistencia promedio: 46.58 kg/ cm<sup>2</sup>

Desv. estándar: 1.23 kg/ cm<sup>2</sup>

$$f' b = 45.35 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 19: Resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN (mm)
1	9982	44.98	6.21
2	9957	44.26	6.46
3	10688	47.19	5.02
4	9886	44.24	6.63
5	9879	44.52	6.89
6	10331	46.89	6.96
7	9676	44.52	5.46

Resistencia promedio: 45.23 kg/ cm<sup>2</sup>

Desv. estándar: 1.265 kg/ cm<sup>2</sup>

$$f' b = 43.96 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 20: Resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN (mm)
1	9225	42.44	6.02
2	9814	43.92	7.03
3	10207	45.38	5.9
4	8980	40.20	6.98
5	9226	41.30	6.19
6	9501	42.24	6.94
7	9733	42.69	7.04

Resistencia promedio: 42.60 kg/ cm<sup>2</sup>

Desv. estándar: 1.69 kg/ cm<sup>2</sup>

$$f' b = 40.91 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 21: *Resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN (mm)
1	9537	42.40	5.91
2	9506	41.98	6.74
3	9204	40.92	6.38
4	8367	38.23	6.52
5	9413	41.85	5.64
6	9316	41.70	6.47
7	9411	41.84	5.63

Resistencia promedio: 41.28 kg/ cm<sup>2</sup>

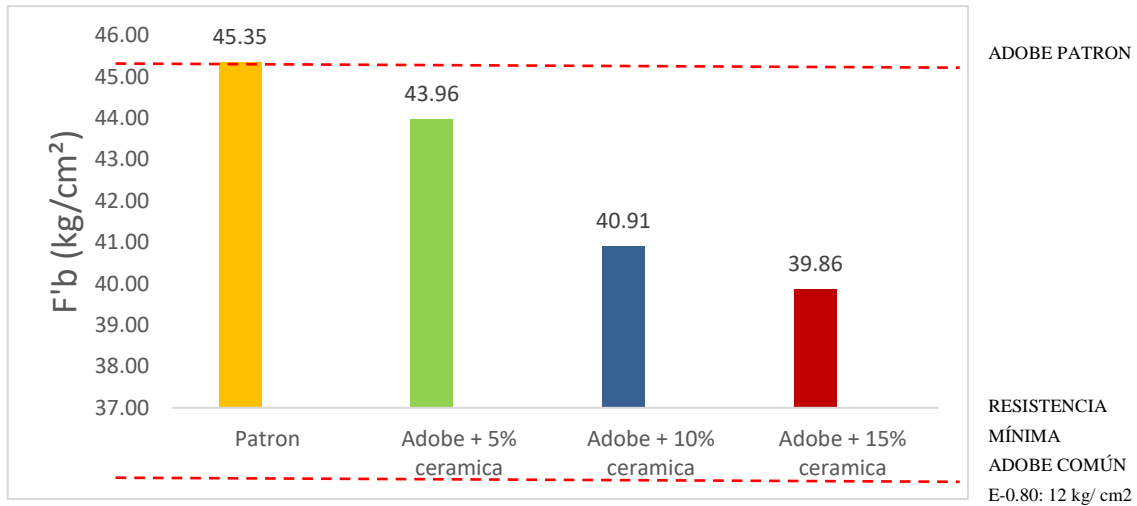
Desv. estándar: 1.42 kg/ cm<sup>2</sup>

$$f' b = 39.86 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 22: *Resumen General – Resistencia a Compresión de los bloques de adobe compactado con reemplazo de cerámica triturada.*

UNIDAD POR MUESTRA	Patrón	Adobe con 5% cerámica	Adobe con 10% cerámica	Adobe con 15% cerámica
1	45.34	44.98	42.44	42.40
2	48.31	44.26	43.92	41.98
3	45.25	47.19	45.38	40.92
4	45.73	44.24	40.20	38.23
5	46.35	44.52	41.30	41.85
6	47.19	46.89	42.24	41.70
7	47.88	44.52	42.69	41.84
Promedio: $F' b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	46.58	45.23	42.60	41.28
Promedio total – desv. estándar: $F' b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	45.35	43.96	40.91	39.86

Figura 31: Resumen general – Resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado.



### Resultados del ensayo de resistencia a flexión

Tabla 23: Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado patrón

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN (mm)
1	1541	27.55	2.19
2	1858	31.11	2.01
3	1600	27.86	2.89
4	1893	33.63	3.02
5	1660	30.09	3.13
6	1707	29.72	2.16
7	1843	32.09	2.23

Resistencia promedio: 30.52 kg/ cm<sup>2</sup>

Desv. estándar: 1.97 kg/ cm<sup>2</sup>

$$f' b = 28.55 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 24: *Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN (mm)
1	2014	34.61	4.19
2	1745	31.00	2.29
3	1692	30.06	1.91
4	1785	31.50	2.32
5	1874	33.29	2.78
6	2010	34.32	2.59
7	2029	33.75	2.50

Resistencia promedio: 32.65 kg/ cm<sup>2</sup>

Desv. estándar: 1.78 kg/ cm<sup>2</sup>

$$f' b = 30.86 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 25: *Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN (mm)
1	1770	30.02	2.67
2	1500	27.19	1.62
3	1851	31.40	3.11
4	1665	29.38	2.89
5	1806	31.24	2.34
6	1705	28.92	2.14
7	1690	28.67	1.93

Resistencia promedio: 29.59 kg/ cm<sup>2</sup>

Desv. estándar: 1.41 kg/ cm<sup>2</sup>

$$f' b = 28.17 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 26: Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN (mm)
1	1493	25.83	2.49
2	1580	26.80	3.03
3	1738	28.91	5.94
4	1740	29.51	2.28
5	1723	28.66	5.12
6	1803	29.99	2.60
7	1532	27.04	2.29

Resistencia promedio: 28.11 kg/ cm<sup>2</sup>

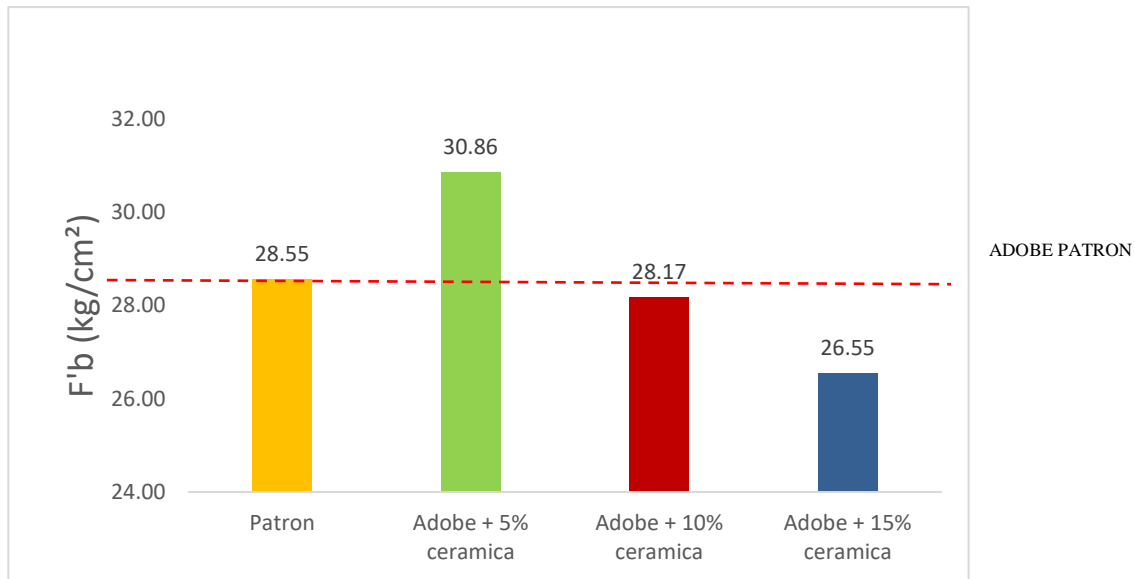
Desv. estándar: 1.56 kg/ cm<sup>2</sup>

$$f' b = 26.55 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 27: Resumen general – Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado.

UNIDAD POR MUESTRA	Patrón	Adobe + 5% cerámica	Adobe + 10% cerámica	Adobe + 15% cerámica
1	27.55	34.61	30.02	25.83
2	31.11	31.00	27.48	26.80
3	29.45	30.06	31.40	28.91
4	33.63	31.50	29.38	29.51
5	30.09	33.29	31.24	28.66
6	29.72	34.32	28.92	29.99
7	32.09	33.75	28.67	27.04
Promedio : <i>F'b</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	30.52	32.65	29.59	28.11
Promedio total – desv. estándar: <i>F'b</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	28.55	30.86	28.17	26.55

*Figura 32:* Resumen general – Resistencia a flexión de los bloques de adobe compactado.



## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Las unidades de adobe compactado patrón y las unidades con reemplazo de tierra por cerámica triturada en porcentajes de 5%, 10% y 15% lograron obtener una resistencia de 45.35 kg/cm<sup>2</sup>, 43.96 kg/cm<sup>2</sup>, 40.91 kg/cm<sup>2</sup> y 39.86 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, logrando superar la resistencia mínima a compresión de la unidad de adobe mencionada en el reglamento nacional de edificaciones, E-080, cuyo valor es 12 kg/cm<sup>2</sup>.

En la investigación de Vásquez, Botero y Carvajal en el año 2015, obtuvieron una mayor resistencia a compresión en bloques de tierra siendo el bloque con 70% de RCD con 25% de tierra y 5% de cemento, el que soporta mayor esfuerzo a compresión, de las diferentes dosificaciones estudiadas, obteniendo una resistencia promedio de 54.43 kg/cm<sup>2</sup>. En sus resultados se puede observar que al aumentar mayor cantidad de los residuos utilizados, mayor será la resistencia a compresión. Al comparar con los resultados de la presente investigación, al reemplazar residuos de cerámica triturada al adobe compactado, podemos ver que se contrasta, puesto que los resultados demuestran que disminuye ligeramente la resistencia a compresión al reemplazar porcentajes de 5%,

10% y 15% de cerámica triturada. De acuerdo a esto podemos verificar que el reciclado del desperdicio de obra utilizado para esta investigación no es el más adecuado.

La investigación de Mejía, 2018, obtuvo como resultados que los bloques con RCD son mejores que los bloques con arena, siendo el mejor el de dosificación 70% de RCD, 25% de tierra y 5% de cemento, el cual presentó una resistencia a compresión de 81.88 kg/cm<sup>2</sup>. De acuerdo a sus resultados a mayor RCD mayor es la resistencia. Al comparar con la presente investigación podemos verificar también que el tipo de RCD utilizado por Mejía en este caso residuos de concreto, es mejor que la utilización de residuos de cerámica, puesto que se contrastan los resultados, al utilizar mayor residuos de cerámica menor será la resistencia.

En la investigación de Mejía, 2014, se utilizó un material de obras de construcción pero de diferentes características como lo es el cemento, se obtuvo como resultado que la adición de cemento en su mayor proporción (14%) y compactación con la máquina CINVA, la resistencia a la compresión con 52.36 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la flexión de 12.57 kg/cm<sup>2</sup>. Al comparar con los resultados de esta investigación podemos ver que la cerámica reciclada no es un material recomendable.

Carhuanambo, 2016, obtuvo como resultado una resistencia máxima a compresión del adobe con adición de viruta de 30.94 kg/cm<sup>2</sup>, y una resistencia a flexión máxima de 23.34 kg/cm<sup>2</sup> adicionando 4.5% de viruta al adobe compactado. Al analizar esta investigación realizada en Cajamarca, donde se adicionó otros tipos de estabilizantes como la viruta, podemos ver en sus resultados que la resistencia a compresión aumenta respecto a su muestra patrón. Comparando con los resultados de esta investigación donde la resistencia a compresión del adobe con reemplazo en mayores porcentajes de cerámica triturada tiene a bajar, podemos ver que utilizar desperdicios de revestimiento de cerámica reciclado de obras de construcción y posteriormente triturada, no es adecuado para estabilizar la tierra y obtener mejores resultados en su resistencia mecánica. Sin embargo se puede observar también que la resistencia a compresión de los adobes compactados de la presente investigación desde los adobes compactados sin y con reemplazo de cerámica, es mayor, debido a que en la fabricación se realizó una presión manual de la mezcla en los bordes del molde de la máquina Cinva Ram y se



presionó la palanca de la máquina hasta 4 veces, tratando de que el prensado del adobe sea mayor. De esta manera podemos decir que la tierra utilizada mejora al tener una mayor fuerza de compactación y puede ser utilizada en la fabricación de adobes compactados si es que el procedimiento de prensado es bueno.

De acuerdo a la norma UNE 41410 se puede utilizar chamota como un estabilizante químico. De acuerdo a los resultados se puede indicar, que el reciclaje y triturado de cerámica de revestimientos de obras de construcción, material que tiene similares características a la chamota, al usarlo como estabilizante no presenta mejoras en los adobes compactados en cuanto a resistencia a compresión y flexión.

No existen normas peruanas sobre las medidas a tomar en cuenta para la fabricación de adobes compactados ni otros parámetros, por lo que en esta tesis se basó en algunas indicaciones de la norma E-0.80 de adobe y en diferentes investigaciones realizadas por alumnos de la Universidad Privada del Norte y en diferentes universidades.

De acuerdo al estudio, se puede observar que los adobes compactados con reemplazo de cerámica triturada, tienden a bajar su resistencia a compresión mientras mayor es el porcentaje de reemplazo de cerámica, para el caso de ensayos de resistencia a flexión se observa que el promedio de resistencia de los adobes con reemplazo de 5% de cerámica triturada es mayor al adobe patrón y a los demás adobes compactados con reemplazo de 10% y 15% de cerámica respectivamente. Este comportamiento es diferente a otros tipos de materiales estabilizantes que generalmente tienden a subir o bajar al mismo tiempo en ambos ensayos a compresión y flexión. En este caso los adobes compactados con reemplazo de 5% de cerámica triturada baja su resistencia a compresión pero sube su resistencia a flexión respecto al adobe patrón.

La reducción de la resistencia de los adobes compactados con cerámica triturada puede deberse al esmaltado que presenta la cerámica, el cual actúa como variable interviniente en la investigación y pudo generar que la adherencia que presenta este material al mezclarse con la tierra sea desfavorable.

Se consideró también como variable interviniente la fuerza de compactación manual aplicada con la máquina Cinva ram en la fabricación de los adobes. Esta variable pudo haber incidido en la variación de resultados.

En base a esto podemos indicar las siguientes recomendaciones:

1. Realizar investigaciones con otros estabilizantes que puedan ser reciclables de obras de construcción RCD, para mejorar las propiedades de los adobes compactados, además de contribuir con la mejora del medio ambiente.
2. Realizar investigaciones con evaluación económica que implicaría el uso de estabilizantes para el adobe compactado en viviendas.
3. Realizar investigaciones de adobes compactados evaluando la fuerza de aplicación manual.
4. Realizar investigaciones con máquinas industriales con mayor energía de compactación para elaboración de adobes y evaluar los resultados.
5. Las autoridades deben crear una norma técnica peruana sobre adobes compactados o bloques de tierra comprimida.

## 4.2 Conclusiones

1. La hipótesis no cumple respecto al ensayo de resistencia a compresión debido a que el adobe compactado patrón obtuvo la mayor resistencia promedio con  $45.35 \text{ kg/cm}^2$ , disminuyendo al reemplazar 5%, 10% y 15% de cerámica triturada con promedios de  $43.96 \text{ kg/cm}^2$ ,  $40.91 \text{ kg/cm}^2$  y  $39.86 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.
2. La hipótesis cumple para el ensayo de resistencia a flexión al reemplazar 5% de cerámica triturada obteniendo  $30.86 \text{ kg/cm}^2$ , siendo mayor en un 8% respecto al adobe compactado patrón que obtuvo una resistencia promedio de  $28.55 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que al reemplazar 10% y 15% de cerámica triturada, los resultados de la resistencia a flexión disminuye respecto al adobe compactado patrón.
3. Los resultados de los ensayos de estudio de suelos de análisis granulométrico y límites de Atterberg, dieron como resultado en la clasificación según SUCS, una arena arcillosa.
4. La resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado ensayados en mitades tiene una resistencia de  $45.35 \text{ kg/cm}^2$  para la muestra patrón y para los porcentajes de 5%, 10% y 15% de cerámica triturada presentan valores de  $43.96 \text{ kg/cm}^2$ ,  $40.91 \text{ kg/cm}^2$  y  $39.86 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, siendo estos valores mayores a lo que especifica la norma E.080 – Adobe, el cual indica una resistencia mínima a compresión de  $12 \text{ kg/cm}^2$ .
5. La resistencia promedio a flexión del adobe compactado patrón es de  $28.55 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que los adobes con reemplazo de 5%, 10% y 15% presentan una resistencia de  $30.86 \text{ kg/cm}^2$ ,  $28.17 \text{ kg/cm}^2$  y  $26.55 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Se puede observar que el adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada posee la mayor resistencia a flexión respecto a los demás.

## REFERENCIAS

1. ARTEAGA, K., Medina, O. & Gutiérrez, Ó. (2011). *Bloque de tierra comprimida como material constructivo*. En Revista Facultad de Ingeniería-UPTC, 2011, vol. 20, no 31.
2. ASTM D1557-78 (2005). Ensayo de Proctor modificado. ASTM. Estados Unidos.
3. Baldosas cerámicas. Consultado el 11/11/17, Observado en: [www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion10.BaldosasCeramicas.pdf](http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion10.BaldosasCeramicas.pdf)
4. Bestraten, Hormías, Altemir (2011). *Construcción con tierra en el siglo XXI*. En *Revista Informes de la Construcción*.
5. Blondet M, Villa G, Brzev S. (2003). *Construcción de adobe resistente a los terremotos*. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California.
6. Caballero, M. Silva, L. y Montes, J. (2010) *Resistencia mecánica del Adobe compactado incrementada por bagazo de Agave*. Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México.
7. Carhuanambo, J. (2016). *Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
8. CAPECO (2003). *Costos y presupuestos en edificaciones*. Lima, Perú.
9. *Cerámica en la construcción: un material tradicional con gran proyección de futuro*, consultado el: 09/10/17, Observado en: [www.promateriales.com/pdf/PM-95-6.pdf](http://www.promateriales.com/pdf/PM-95-6.pdf)
10. Choque y Huamán (2011). *Adobes comprimidos suelo-cemento una alternativa ecológica*. consultado el: 09/10/17, Observado en de [www.paho.org/cub/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=297-suelo-cemento&category\\_slug=rural%20andina&Itemid=226](http://www.paho.org/cub/index.php?option=com_docman&view=download&alias=297-suelo-cemento&category_slug=rural%20andina&Itemid=226).
11. CID J. (2012). *Durabilidad de los bloques de tierra comprimida: Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, España.
12. Craterre. (1979). *Construir con tierra Tomo I y II traducido del libro original Construire en Terre*. Paris, Francia.

13. DECRETO SUPREMO N° 003-2013-VIVIENDA (2016). *Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de la construcción y demolición*. Lima-Perú.
14. Estabilizadores. consultado el: 09/10/17, Observado en: <http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms06.htm>
15. Fernández (2012). *Resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula*. Tesis de maestría. Universidad politécnica de Madrid, España.
16. Ficha técnica: *sistema constructivo adobe/tapial*. Consultado el: 16/10/17, Observado en: [http://www.udc.es/files/dhabitat/pcr/pcr2010/Ficha\\_tecnica\\_adobe-tapial](http://www.udc.es/files/dhabitat/pcr/pcr2010/Ficha_tecnica_adobe-tapial).
17. Galarza, M (2011). *Desperdicios de materiales en obras de construcción civil: Métodos y control*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
18. Generalidades de cerámicos. Consultado el 10/11/17, Observado en: [www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion1.Ceramicos.Generalidades.pdf](http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion1.Ceramicos.Generalidades.pdf)
19. Gestión de residuos, consultado el: 09/10/17, Observado en: <http://www.constructivo.com/cn/d/novedad.php?id=133>
20. Gonzales, J. (2005). Libro "*Geotecnia*". Barcelona.
21. Guía informativa de manejo de residuos de construcción y demolición en obras menores. Consultado el: 16/10/17, Observado en: <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160622094218.pdf>
22. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014) *Materiales Predominantes en Viviendas*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-mas-de-3-millones-de-viviendas-predominan-paredes-de-materiales-vulnerables-a-movimientos-teluricos-7583/>
23. Instituto Valenciano de la edificación (2011) *Guía de la baldosa cerámica*. Valencia, España.

24. J. Morán, J. Valdés, P. Aguado, M. Guerra, C. Medina (2011) *Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: limitaciones*. En revista Informes de la Construcción, vol. 63, 521, pág. 89-95
25. Juárez, E. & Rico, A. (2005). *Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
26. Instituto de Tecnología Cerámica-AICE, España (2011) *Proceso de Fabricación de baldosas cerámicas*. Recuperado de [https://issuu.com/itceramica/docs/procesos\\_fabricacion](https://issuu.com/itceramica/docs/procesos_fabricacion)
27. La cerámica en la construcción, consultado el: 09/10/17, Observado en: <https://piemontesaceramicas.com/la-ceramica-la-construccion>
28. Mejía, I. (2014). *Bloque de adobe estabilizado y compactado en Cajamarca*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
29. Mejía, P. (2018). “*Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador*”. Tesis de “Magíster en construcciones”, Universidad de Cuenca, Ecuador.
30. Morales, J., Ortiz, M. y Alavéz, R. (2007). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado*. En Revista Naturaleza y Desarrollo, 41.
31. Norma ISO 13006/10545. *Revestimientos cerámicos: definición, clasificación y características*.
32. Norma Técnica Peruana 339.128. (1999). *SUELOS. Método de Ensayo para el análisis granulométrico*. Lima-Perú: INDECOPI.
33. Norma Técnica Peruana 339.134. (1999). *SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de clasificación de suelos, SUCS)*. Lima-Perú: INDECOPI.
34. Norma Técnica Peruana 232.100. (2007). *Artesanía cerámica. Terminología y clasificación*. INDECOPI
35. Norma UNE 41410. (2008). *Normalización de la Tierra*. España
36. Reglamento Nacional de Edificaciones, E-080. (2017). *Adobe*. Lima, Perú: ICG.

37. Romero (2007). *Residuos de construcción y demolición*. Tesis de maestría en ingeniería ambiental. Universidad de Huelva, España.
38. Tipos y uso de la cerámica en la construcción, consultado el: 09/10/17, Observado en: <http://ideasparaconstruir.com/n/4079/tipos-y-usos-de-la-ceramica-en-construccion.html>
39. Vásquez, A., Botero, L. y Carvajal D. (2015). *Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional*. En revista Ingeniería y Ciencia, 11 (21) pp. 197-220. Consultado el: 09/10/17, Observado en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83533766010>
40. Voluntarios en Asistencia Técnica. Inc. (1977). *Fabricación de bloques de construcción con la prensa Cinva*. Estados Unidos.

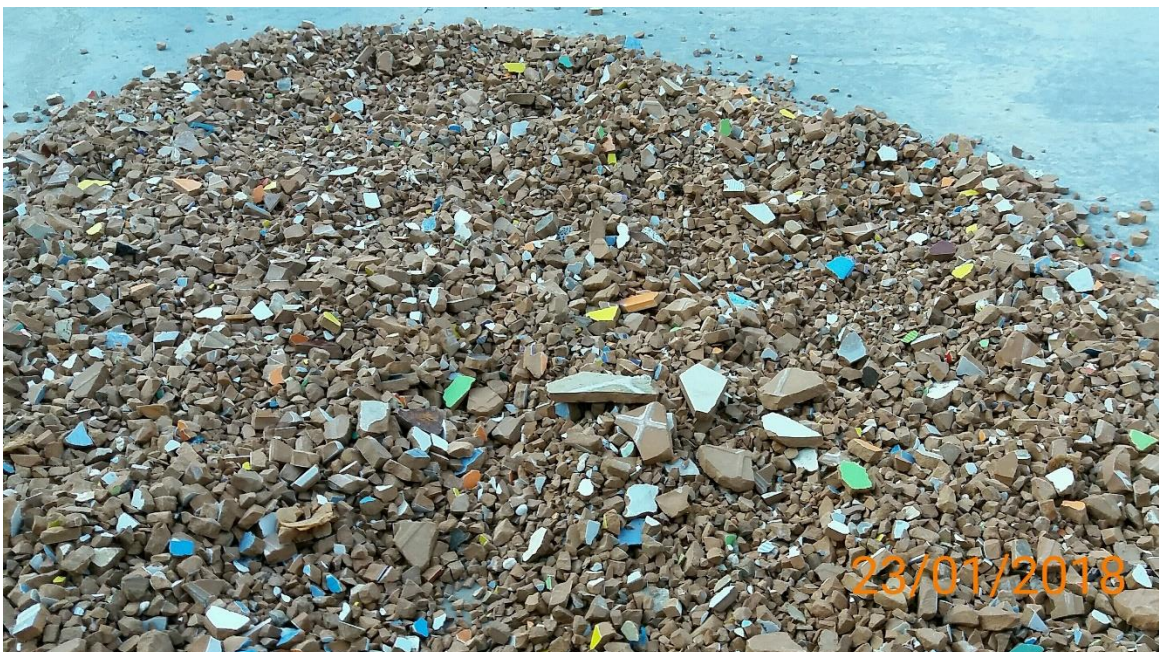
## ANEXOS

### ANEXO N° 01. FOTOGRAFÍAS

*Figura 33:* Proceso de trituración de la cerámica reciclada



*Figura 34:* Cerámica triturada obtenida de desperdicios de obras de construcción en Cajamarca





*Figura 35:* Cerámica triturada a utilizar en la fabricación de los adobes, pasada por la malla N° 4



*Figura 36:* Preparación de la tierra para ensayo de contenido de humedad.



*Figura 37:* Proceso de lavado de material para ensayo de análisis granulométrico



*Figura 38:* Peso de material retenido en la malla del ensayo de análisis granulométrico



*Figura 39:* Peso de material retenido en cada malla luego de tamizar el material



*Figura 40:* Material a utilizar para ensayo de Límites de Atterberg



*Figura 41:* Material pasado por la malla #40 para ensayo de límites de Atterberg



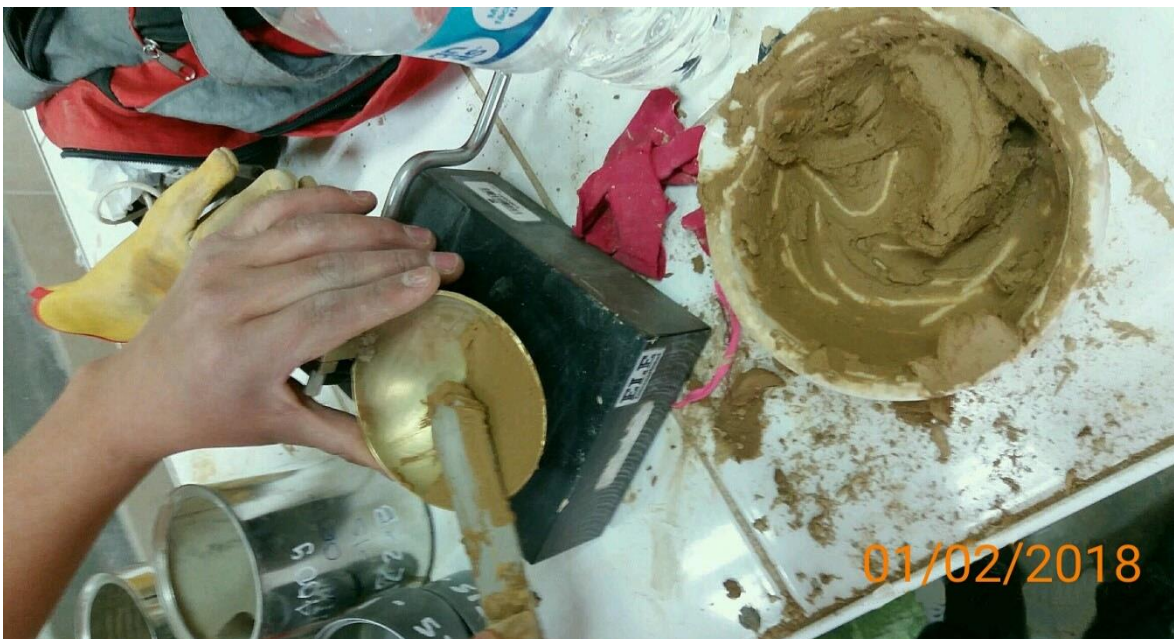
*Figura 42:* Realizando ensayo de límite líquido del material



*Figura 43:* Realizando ensayo de límite líquido del material



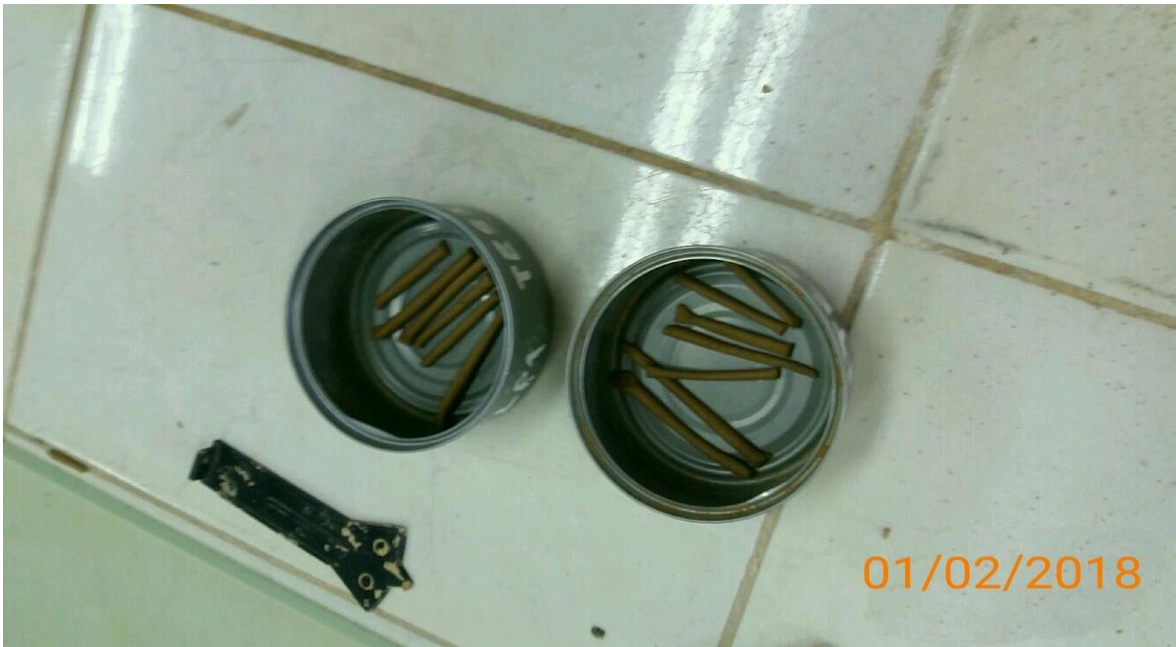
*Figura 44:* Realizando ensayo de límite líquido del material



*Figura 45:* Realizando ensayo de límite plástico del material



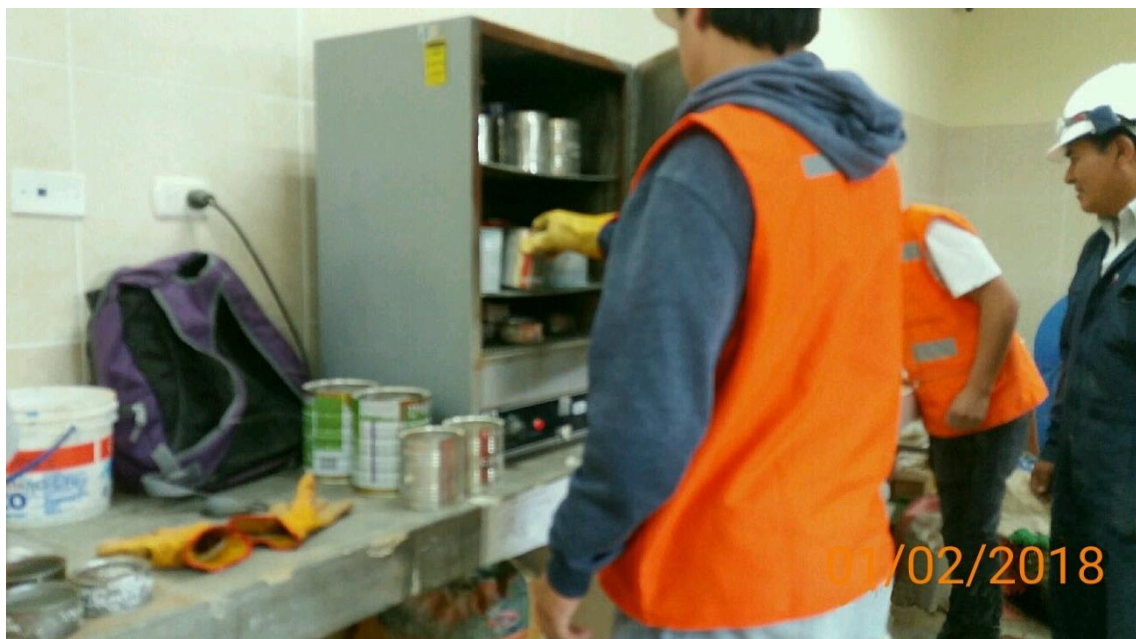
*Figura 46:* Muestras del ensayo de límite plástico del material



*Figura 47:* Peso de muestras del ensayo de Límites de Atterberg



*Figura 48:* Muestras del ensayo de Límites de Atterberg dejadas a secar en horno



*Figura 49:* Muestras del ensayo de Límites de Atterberg después de sacarlas del horno



*Figura 50:* Proceso de mezclado de material para ensayo proctor modificado





*Figura 51:* Realizando proceso de compactación en el ensayo de proctor modificado para el adobe patrón



*Figura 52:* Realizando proceso de enrasado en el ensayo de proctor modificado para el adobe patrón



Figura 53: Mezclas de material en bolsas para ensayo de proctor modificado

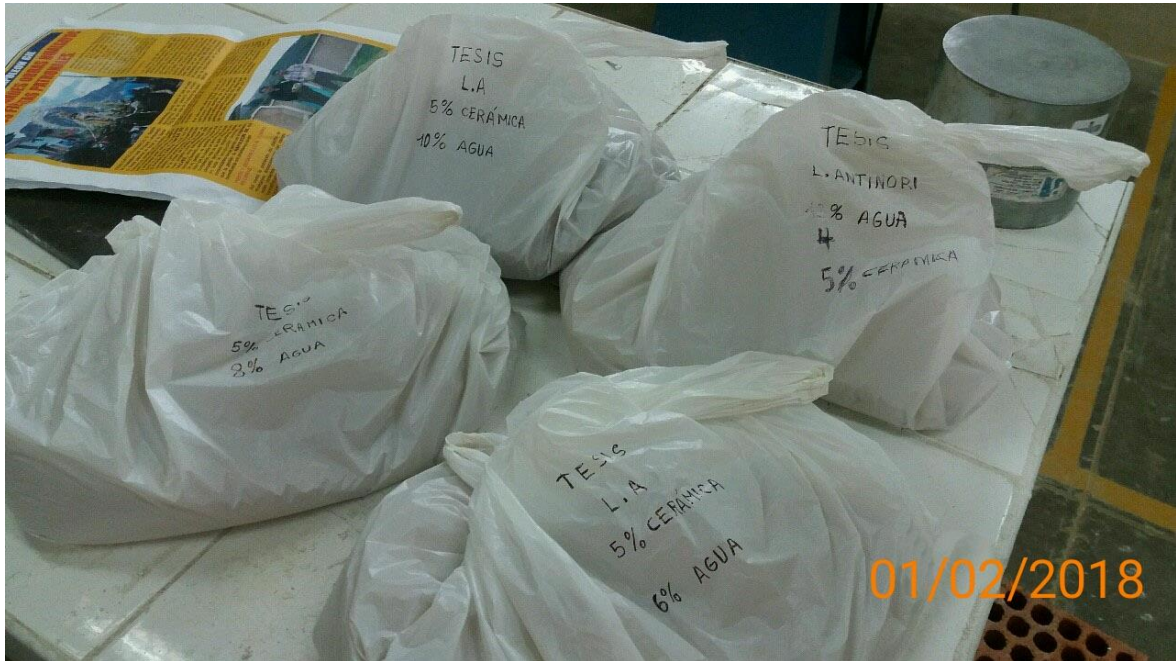


Figura 54: Peso de cerámica triturada para ensayo proctor modificado



Figura 55: Realizando ensayo de proctor modificado con visita del asesor



Figura 56: Muestras de ensayo proctor sacadas del horno



*Figura 57:* Máquina Cinva Ram utilizada para la fabricación de adobes compactados



*Figura 58:* Realizando mezcla de tierra y cerámica triturada para la fabricación de adobes compactados



*Figura 59:* Preparación de mezclas para fabricación de cada adobe compactado



*Figura 60:* Mezclas de material para fabricación de adobes compactados dejadas en bolsas



*Figura 61:* Desperdicio de cerámica triturada puesta en agua 1 día para utilizarla en la fabricación de adobes compactados



*Figura 62:* Peso de muestra de adobe fabricado para ensayo de contenido de humedad



Figura 63: Adobes compactados durante proceso de secado



Figura 64: Adobes compactados terminados



*Figura 65:* Adobes compactados fabricados para la investigación



*Figura 66:* Adobes compactados a ensayar en el laboratorio de suelos UPN





*Figura 67:* Medición de adobes antes de ensayo a compresión y flexión



*Figura 68:* Medición de adobes antes de ensayo a compresión y flexión



*Figura 69:* Adobe en máquina de ensayo resistencia a compresión



*Figura 70:* Adobe después de ensayo de resistencia a compresión



*Figura 71:* Adobe en máquina de ensayo resistencia a flexión



*Figura 72:* Adobe después de ensayo de resistencia a flexión



*Figura 73:* Realizando ensayos de resistencia a compresión y flexión en presencia de personal encargado de laboratorio UPN



*Figura 74:* Ensayos de resistencia a compresión y flexión de adobes en presencia de asesor de tesis



## ANEXO N° 02. CÁLCULOS

### ENSAYO A COMPRESIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN SIN CERÁMICA TRITURADA

#### Muestra N° 1

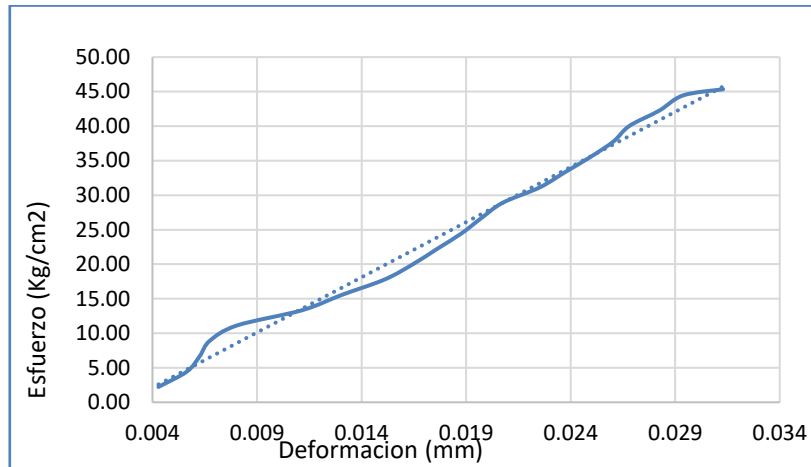
Tabla 28: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado patrón

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.7	15.3	10.00	224.91

Tabla 29: Resistencia a compresión de la muestra N° 1 de adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.22	0.63
2	1000	4.45	0.83
3	1500	6.67	0.92
4	2000	8.89	0.99
5	2500	11.12	1.18
6	3000	13.34	1.64
7	3500	15.56	1.92
8	4000	17.78	2.22
9	4500	20.01	2.42
10	5000	22.23	2.59
11	5500	24.45	2.76
12	6000	26.68	2.9
13	6500	28.90	3.05
14	7000	31.12	3.31
15	7500	33.35	3.49
16	8000	35.57	3.67
17	8500	37.79	3.83
18	9000	40.02	3.94
19	9500	42.24	4.15
20	10000	44.46	4.32
21	10198	45.34	4.6

Figura 75: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 adobe compactado patrón



## Muestra N° 2

Tabla 30: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado patrón

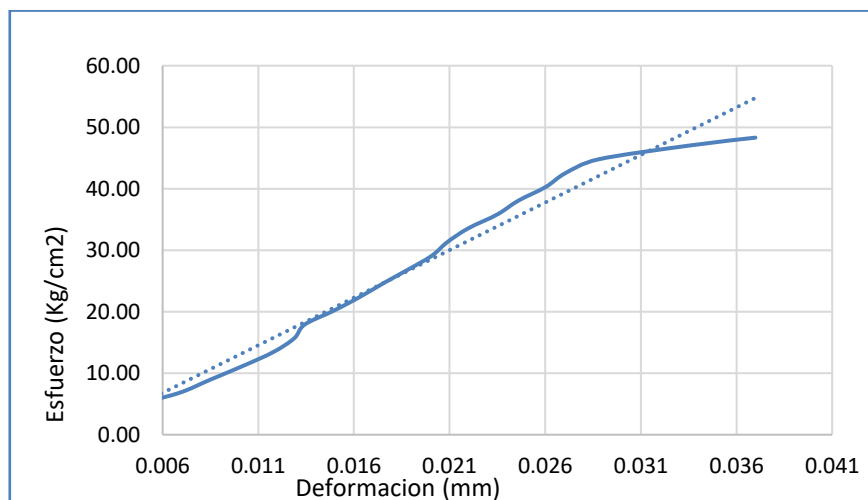
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.60	15.30	9.90	223.38

Tabla 31: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 del adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.24	0.3
2	1000	4.48	0.59
3	1500	6.72	0.99
4	2000	8.95	1.24
5	2500	11.19	1.49
6	3000	13.43	1.72
7	3500	15.67	1.88
8	4000	17.91	1.96
9	4500	20.15	2.18
10	5000	22.38	2.38
11	5500	24.62	2.56
12	6000	26.86	2.75
13	6500	29.10	2.93
14	7000	31.34	3.05
15	7500	33.58	3.21
16	8000	35.81	3.43
17	8500	38.05	3.59
18	9000	40.29	3.8

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
19	9500	42.53	3.95
20	10000	44.77	4.2
21	10500	47.01	4.89
22	10791	48.31	5.4

Figura 76: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 2 adobe compactado patrón



### Muestra N° 3

Tabla 32: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado patrón

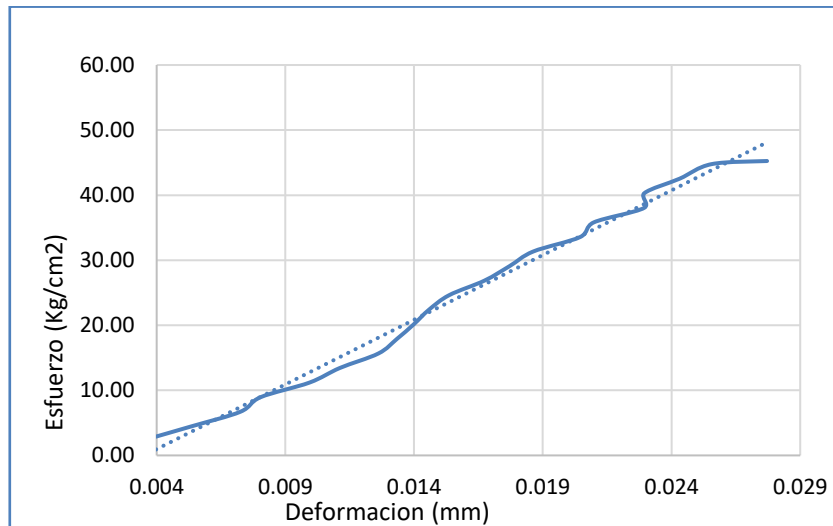
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.60	15.30	10.00	223.38

Tabla 33: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 del adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.24	0.52
2	1000	4.48	0.82
3	1500	6.72	1.11
4	2000	8.95	1.23
5	2500	11.19	1.52
6	3000	13.43	1.7
7	3500	15.67	1.93
8	4000	17.91	2.04
9	4500	20.15	2.14
10	5000	22.38	2.23

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
11	5500	24.62	2.35
12	6000	26.86	2.56
13	6500	29.10	2.71
14	7000	31.34	2.85
15	7500	33.58	3.13
16	8000	35.81	3.21
17	8500	38.05	3.51
18	9000	40.29	3.72
19	9500	42.53	3.91
20	10000	44.77	4.24
21	10107	45.25	4.46

Figura 77: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 3 adobe compactado patrón



#### Muestra N°4

Tabla 34: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado patrón

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.70	15.30	10.10	224.91

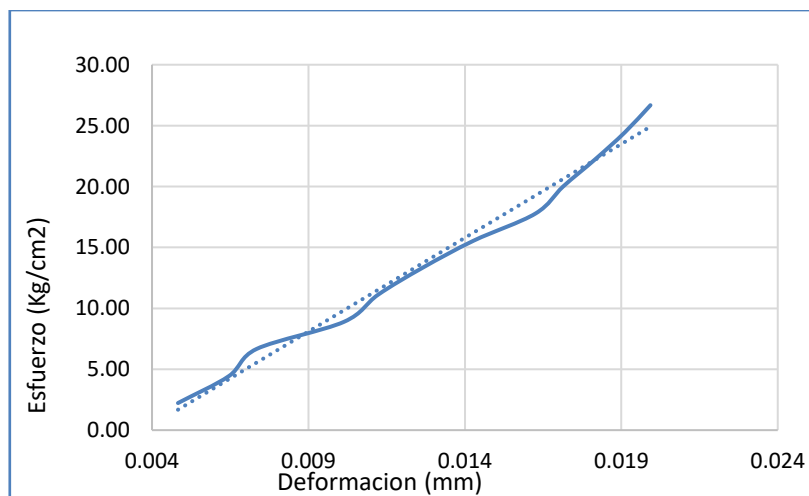
Tabla 35: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 del adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.22	0.71
2	1000	4.45	0.95
3	1500	6.67	1.08
4	2000	8.89	1.49



N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
5	2500	11.12	1.65
6	3000	13.34	1.86
7	3500	15.56	2.1
8	4000	17.78	2.39
9	4500	20.01	2.52
10	5000	22.23	2.67
11	5500	24.45	2.81
12	6000	26.68	2.93
13	6500	28.90	3.04
14	7000	31.12	3.18
15	7500	33.35	3.45
16	8000	35.57	3.61
17	8500	37.79	3.86
18	9000	40.02	4.15
19	9500	42.24	4.56
20	10000	44.46	4.86
21	10286	45.73	4.98

Figura 78: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 4 adobe compactado patrón



### Muestra N°5

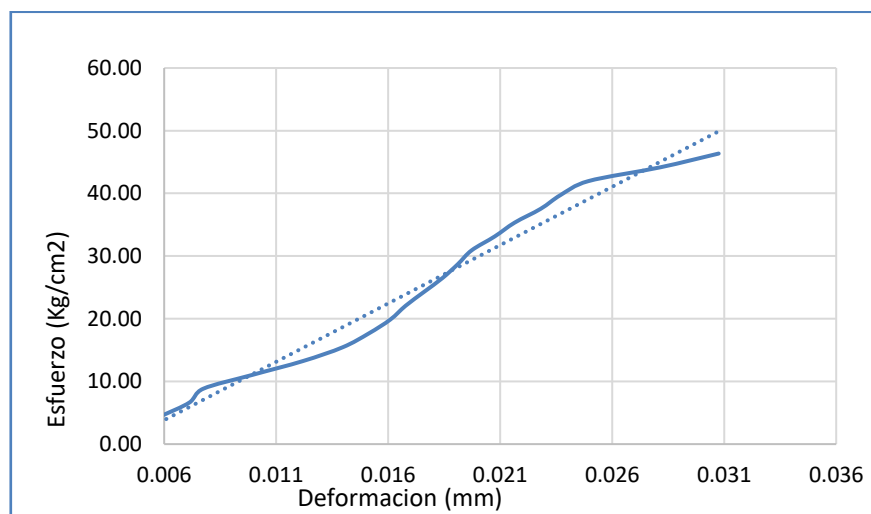
Tabla 36: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado patrón

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.80	15.30	9.90	226.44

Tabla 37: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 del adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.21	0.65
2	1000	4.42	0.85
3	1500	6.62	1.04
4	2000	8.83	1.13
5	2500	11.04	1.45
6	3000	13.25	1.78
7	3500	15.46	2.04
8	4000	17.66	2.21
9	4500	19.87	2.35
10	5000	22.08	2.45
11	5500	24.29	2.57
12	6000	26.50	2.69
13	6500	28.71	2.79
14	7000	30.91	2.88
15	7500	33.12	3.03
16	8000	35.33	3.16
17	8500	37.54	3.33
18	9000	39.75	3.46
19	9500	41.95	3.64
20	10000	44.16	4.11
21	10496	46.35	4.49

Figura 79: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 5 adobe compactado patrón



**Muestra N°6**

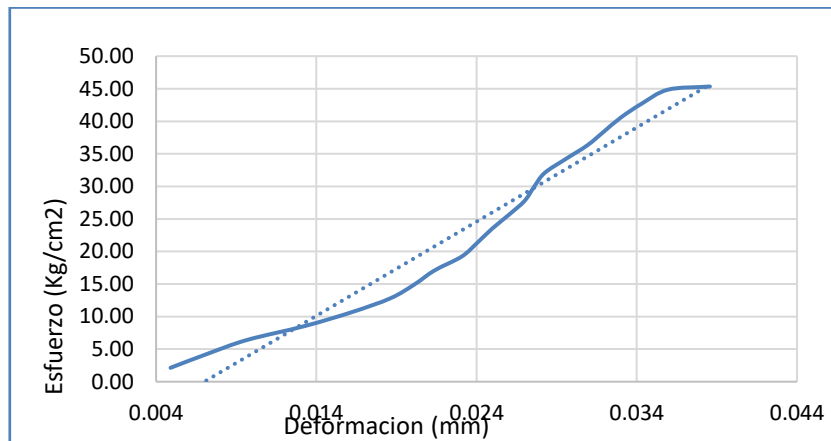
Tabla 38: *Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado patrón*

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.70	15.30	9.90	244.91

Tabla 39: *Resistencia a compresión de la muestra N° 6 del adobe compactado patrón*

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.22	0.75
2	1000	4.45	1.1
3	1500	6.67	1.48
4	2000	8.89	2.03
5	2500	11.12	2.48
6	3000	13.34	2.85
7	3500	15.56	3.08
8	4000	17.78	3.27
9	4500	20.01	3.53
10	5000	22.23	3.68
11	5500	24.45	3.82
12	6000	26.68	3.98
13	6500	28.90	4.13
14	7000	31.12	4.22
15	7500	33.35	4.32
16	8000	35.57	4.52
17	8500	37.79	4.73
18	9000	40.02	4.89
19	9500	42.24	5.05
20	10000	44.46	5.25
21	10500	46.69	5.5
22	10614	47.19	5.9

Figura 80: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 6 adobe compactado patrón



### Muestra N°7

Tabla 40: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado patrón

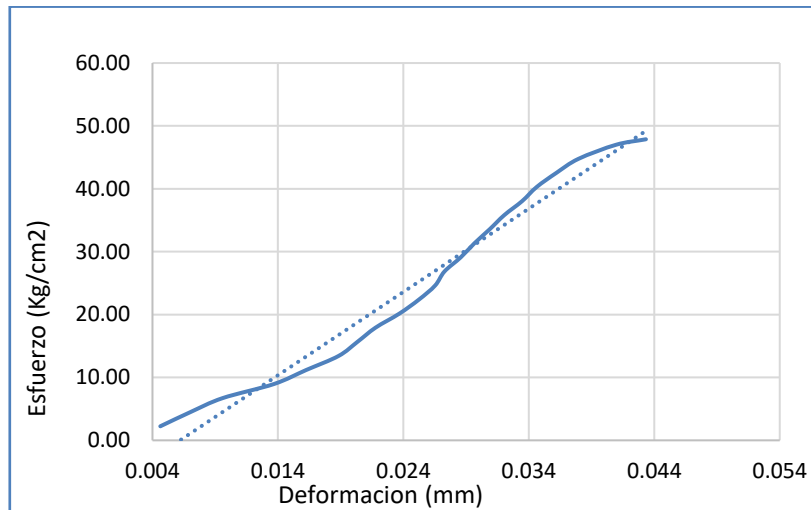
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
15.30	14.60	10.10	223.38

Tabla 41: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 del adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.24	0.68
2	1000	4.48	1.03
3	1500	6.72	1.41
4	2000	8.95	2.01
5	2500	11.19	2.39
6	3000	13.43	2.77
7	3500	15.67	2.99
8	4000	17.91	3.2
9	4500	20.15	3.48
10	5000	22.38	3.71
11	5500	24.62	3.9
12	6000	26.86	4.01
13	6500	29.10	4.2
14	7000	31.34	4.36
15	7500	33.58	4.54
16	8000	35.81	4.71
17	8500	38.05	4.92
18	9000	40.29	5.09
19	9500	42.53	5.32

Nº	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
20	10000	44.77	5.58
21	10500	47.01	6.02
22	10695	47.88	6.37

Figura 81: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 7 adobe compactado patrón



## ENSAYO A COMPRESIÓN CON REEMPLAZO 5% CERÁMICA TRITURADA.

### Muestra N° 1

Tabla 42: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

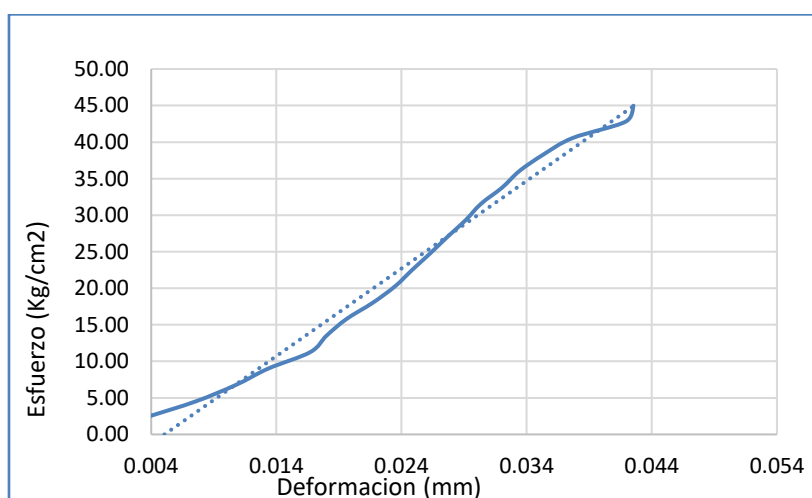
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.60	15.20	10.10	221.92

Tabla 43: Resistencia a compresión de la muestra N° 1 del adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

Nº	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.25	0.5
2	1000	4.51	1.1
3	1500	6.76	1.57
4	2000	9.01	1.95
5	2500	11.27	2.44
6	3000	13.52	2.63
7	3500	15.77	2.86
8	4000	18.02	3.17
9	4500	20.28	3.43

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
10	5000	22.53	3.63
11	5500	24.78	3.84
12	6000	27.04	4.04
13	6500	29.29	4.25
14	7000	31.54	4.43
15	7500	33.80	4.68
16	8000	36.05	4.88
17	8500	38.30	5.16
18	9000	40.56	5.5
19	9500	42.81	6.12
20	9982	44.98	6.21

Figura 82: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada



## Muestra N° 2

Tabla 44: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

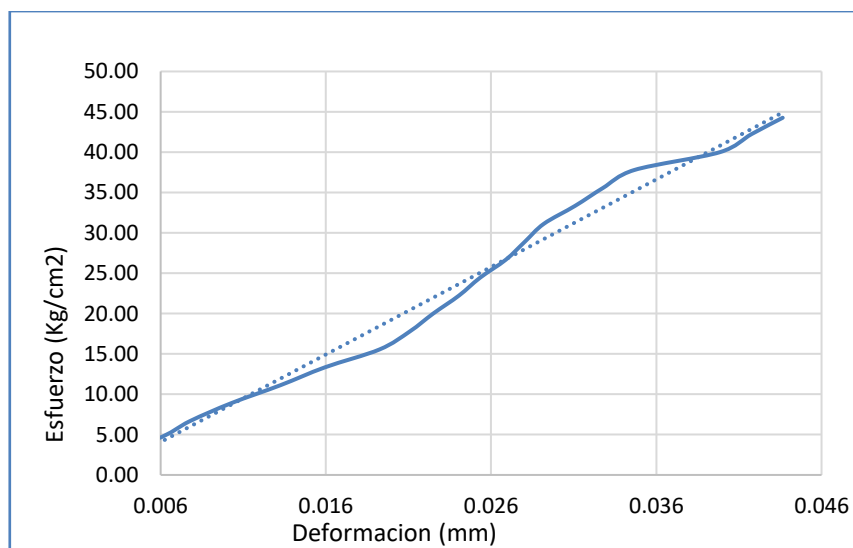
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.80	15.20	10.00	224.96

Tabla 45: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 del adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.22	0.27
2	1000	4.45	0.85

Nº	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
3	1500	6.67	1.15
4	2000	8.89	1.52
5	2500	11.11	1.96
6	3000	13.34	2.36
7	3500	15.56	2.85
8	4000	17.78	3.12
9	4500	20.00	3.33
10	5000	22.23	3.56
11	5500	24.45	3.75
12	6000	26.67	3.98
13	6500	28.89	4.15
14	7000	31.12	4.32
15	7500	33.34	4.6
16	8000	35.56	4.85
17	8500	37.78	5.13
18	9000	40.01	5.9
19	9500	42.23	6.18
20	9957	44.26	6.46

Figura 83: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada



### Muestra N° 3

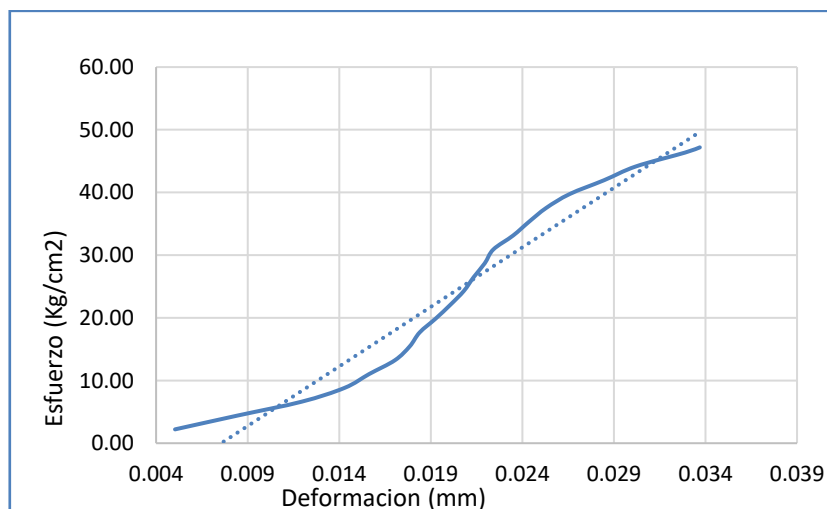
Tabla 46: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.90	15.20	10.00	226.48

Tabla 47: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 del adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.21	0.75
2	1000	4.42	1.26
3	1500	6.62	1.78
4	2000	8.83	2.13
5	2500	11.04	2.33
6	3000	13.25	2.54
7	3500	15.45	2.66
8	4000	17.66	2.74
9	4500	19.87	2.87
10	5000	22.08	2.99
11	5500	24.28	3.1
12	6000	26.49	3.18
13	6500	28.70	3.27
14	7000	30.91	3.34
15	7500	33.12	3.5
16	8000	35.32	3.63
17	8500	37.53	3.77
18	9000	39.74	3.96
19	9500	41.95	4.24
20	10000	44.15	4.5
21	10500	46.36	4.9
22	10688	47.19	5.02

Figura 84: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada





#### Muestra N° 4

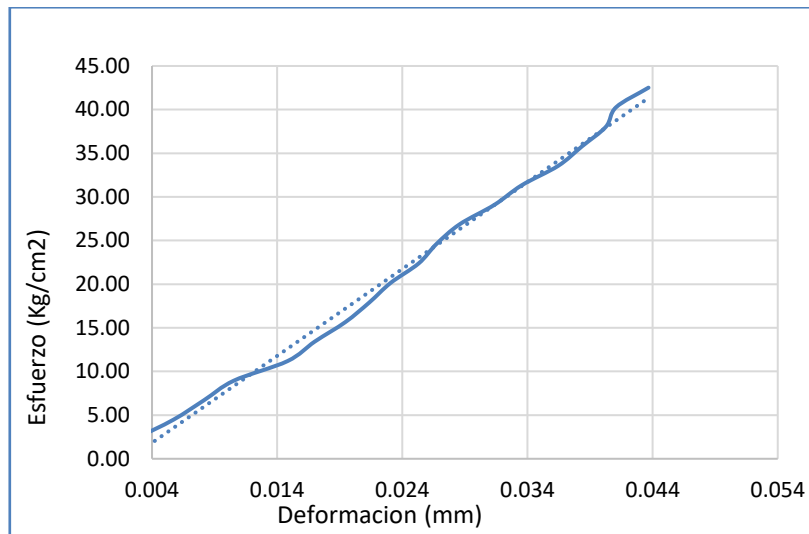
Tabla 48: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.70	15.20	9.90	223.44

Tabla 49: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 del adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.32	0.38
2	1000	4.63	0.84
3	1500	6.95	1.2
4	2000	9.27	1.55
5	2500	11.58	2.18
6	3000	13.90	2.5
7	3500	16.22	2.86
8	4000	18.53	3.14
9	4500	20.85	3.39
10	5000	23.17	3.72
11	5500	25.48	3.93
12	6000	27.80	4.2
13	6500	30.11	4.61
14	7000	32.43	4.93
15	7500	34.75	5.36
16	8000	37.06	5.64
17	8500	39.38	5.92
18	9000	41.70	6.23
19	9500	6.42	42.52
20	9886	6.63	44.24

Figura 85: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada



### Muestra N° 5

Tabla 50: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

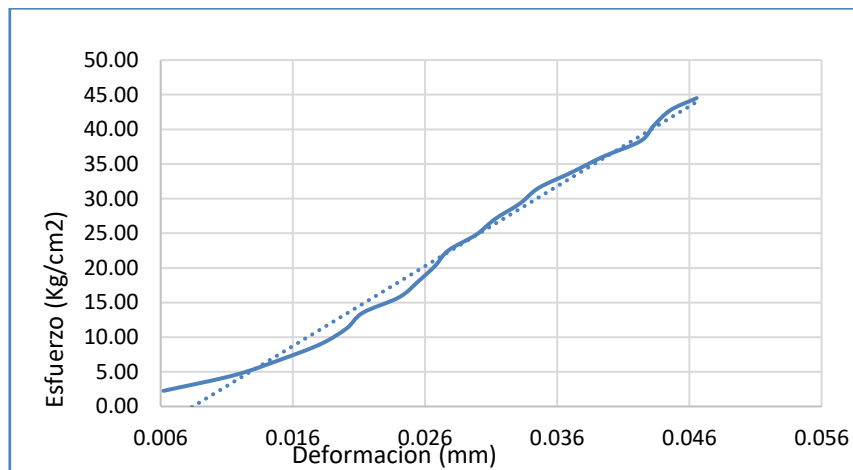
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.60	15.20	10.00	221.92

Tabla 51: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.32	0.92
2	1000	4.63	1.71
3	1500	6.95	2.23
4	2000	9.27	2.68
5	2500	11.58	2.97
6	3000	13.90	3.15
7	3500	16.22	3.56
8	4000	18.53	3.77
9	4500	20.85	3.96
10	5000	23.17	4.11
11	5500	25.48	4.42
12	6000	27.80	4.63
13	6500	30.11	4.91
14	7000	32.43	5.12
15	7500	34.75	5.49
16	8000	37.06	5.84

Nº	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
17	8500	39.38	6.26
18	9000	41.70	6.48
19	9500	6.6	42.81
20	9879	6.89	44.52

Figura 86: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada:



### Muestra N° 6

Tabla 52: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

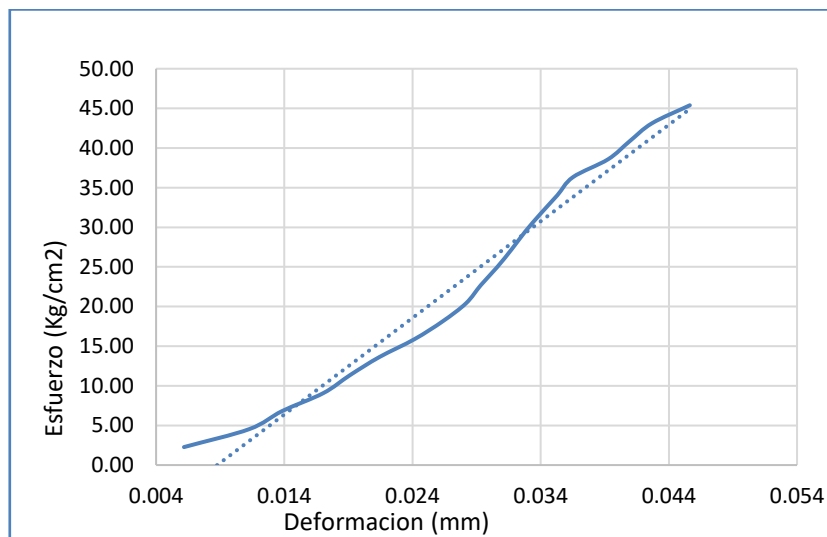
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.40	15.30	10.00	220.32

Tabla 53: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 del adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

Nº	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.27	0.92
2	1000	4.54	1.68
3	1500	6.81	2.06
4	2000	9.08	2.54
5	2500	11.35	2.85
6	3000	13.62	3.19
7	3500	15.89	3.6
8	4000	18.16	3.93
9	4500	20.42	4.2

Nº	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
10	5000	22.69	4.37
11	5500	24.96	4.56
12	6000	27.23	4.73
13	6500	29.50	4.89
14	7000	31.77	5.07
15	7500	34.04	5.26
16	8000	36.31	5.44
17	8500	38.58	5.85
18	9000	40.85	6.1
19	9500	43.12	6.36
20	10000	45.39	6.8
21	10331	46.89	6.96

Figura 87: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo 5% de cerámica triturada



### Muestra N° 7

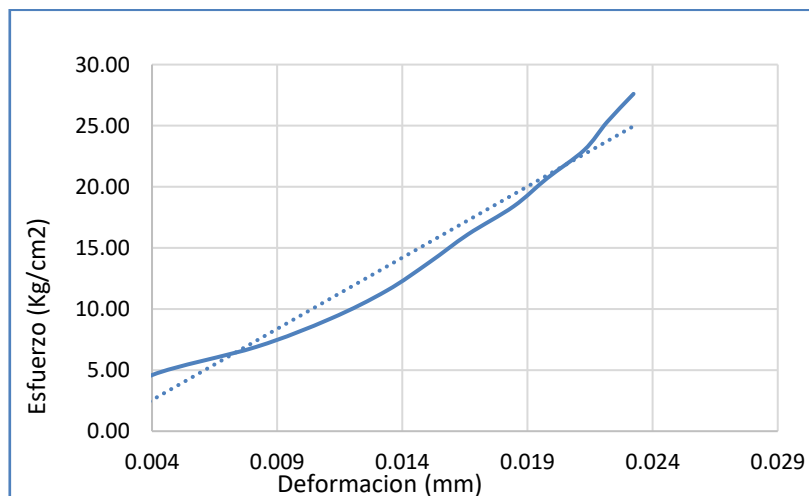
Tabla 54: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.30	15.20	10.10	217.36

Tabla 55: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo de 5% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.30	0.35
2	1000	4.60	0.57
3	1500	6.90	1.16
4	2000	9.20	1.58
5	2500	11.50	1.9
6	3000	13.80	2.14
7	3500	16.10	2.36
8	4000	18.40	2.62
9	4500	20.70	2.81
10	5000	23.00	3.02
11	5500	25.30	3.15
12	6000	27.60	3.3
13	6500	29.90	3.56
14	7000	32.20	3.69
15	7500	34.50	3.89
16	8000	36.81	4.08
17	8500	39.11	4.3
18	9000	41.41	4.79
19	9500	43.71	5.31
20	9676	44.52	5.46

Figura 88: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 7 de adobe compactado con adición 5% de cerámica triturada



## ENSAYO RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON REEMPLAZO 10% CERÁMICA TRITURADA.

### Muestra N° 1

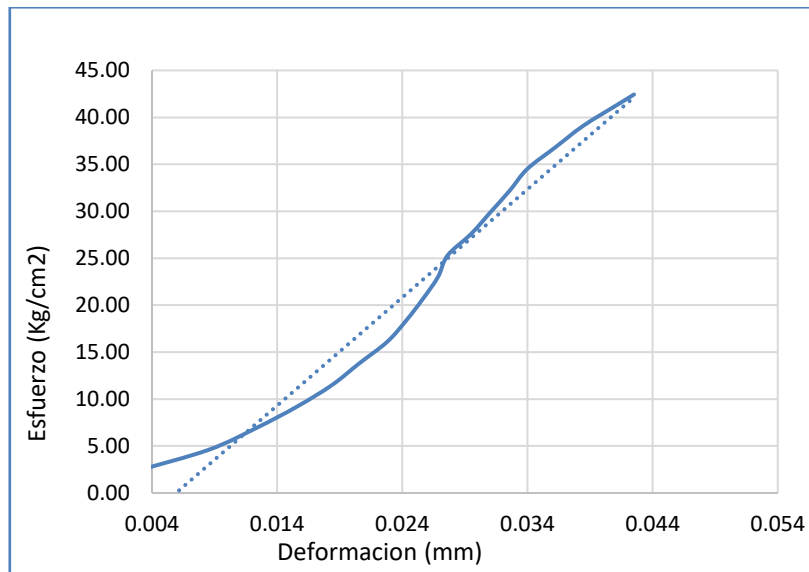
Tabla 56: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.30	15.20	10.00	217.36

Tabla 57: Resistencia a compresión de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.30	0.38
2	1000	4.60	1.22
3	1500	6.90	1.76
4	2000	9.20	2.23
5	2500	11.50	2.63
6	3000	13.80	2.94
7	3500	16.10	3.26
8	4000	18.40	3.48
9	4500	20.70	3.67
10	5000	23.00	3.84
11	5500	25.30	3.95
12	6000	27.60	4.22
13	6500	29.90	4.44
14	7000	32.20	4.66
15	7500	34.50	4.86
16	8000	36.81	5.18
17	8500	39.11	5.5
18	9000	41.41	5.9
19	9225	42.44	6.08

Figura 89: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada



## Muestra N° 2

Tabla 58: Dimensiones muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

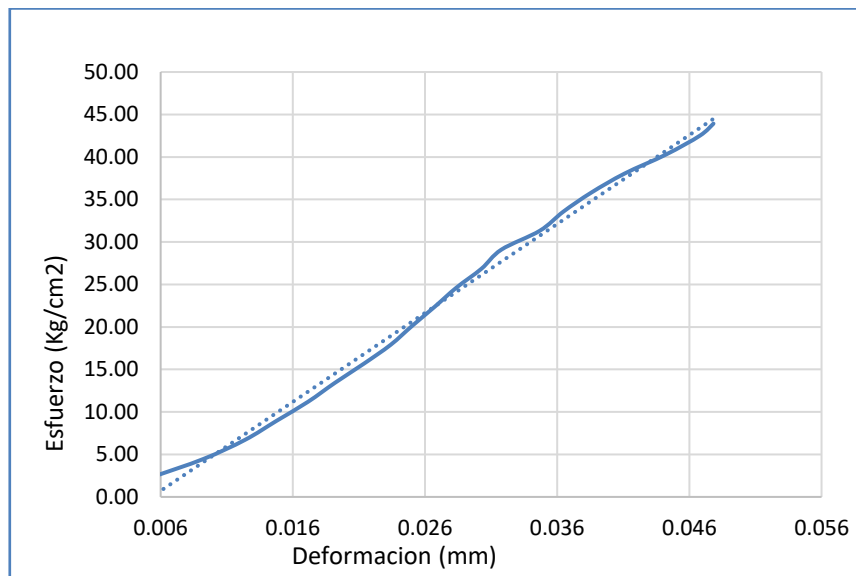
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.70	15.20	10.00	223.44

Tabla 59: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.24	0.76
2	1000	4.48	1.36
3	1500	6.71	1.82
4	2000	8.95	2.17
5	2500	11.19	2.52
6	3000	13.43	2.82
7	3500	15.66	3.14
8	4000	17.90	3.44
9	4500	20.14	3.68
10	5000	22.38	3.93
11	5500	24.62	4.17
12	6000	26.85	4.45
13	6500	29.09	4.67

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
14	7000	31.33	5.1
15	7500	33.57	5.36
16	8000	35.80	5.67
17	8500	38.04	6.04
18	9000	40.28	6.5
19	9500	42.52	6.88
20	9814	43.92	7.03

Figura 90: Curva esfuerzo - deformación de la muestra 2 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada



### Muestra N° 3

Tabla 60: Dimensiones muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.70	15.30	9.90	224.91

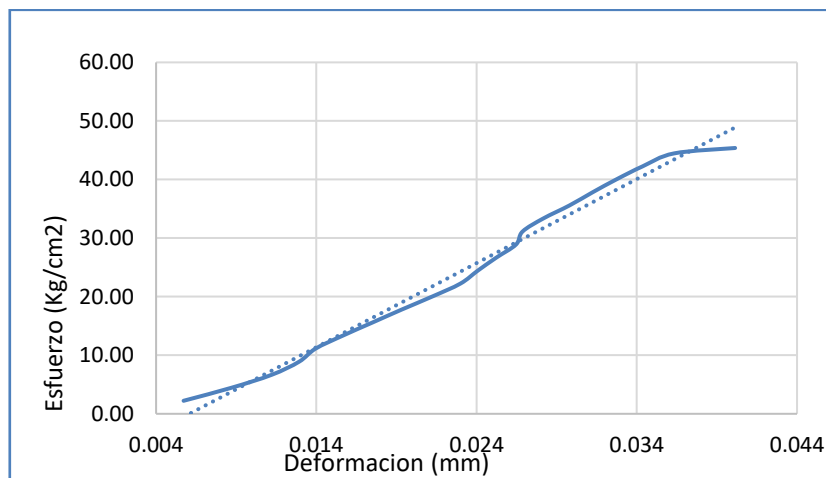
Tabla 61: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.22	0.84
2	1000	4.45	1.28
3	1500	6.67	1.65
4	2000	8.89	1.9



N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
5	2500	11.12	2.05
6	3000	13.34	2.3
7	3500	15.56	2.57
8	4000	17.78	2.84
9	4500	20.01	3.12
10	5000	22.23	3.38
11	5500	24.45	3.54
12	6000	26.68	3.71
13	6500	28.90	3.89
14	7000	31.12	3.95
15	7500	33.35	4.14
16	8000	35.57	4.38
17	8500	37.79	4.59
18	9000	40.02	4.81
19	9500	42.24	5.05
20	10000	44.46	5.34
21	10207	45.38	5.9

Figura 91: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada



#### Muestra N° 4

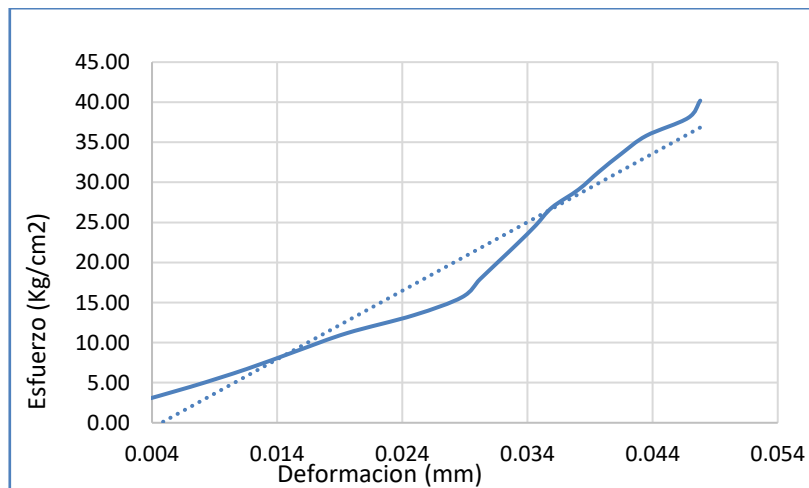
Tabla 62: Dimensiones muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo de 10% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.60	15.30	10.00	223.38

Tabla 63: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.24	0.29
2	1000	4.48	1.03
3	1500	6.72	1.69
4	2000	8.95	2.27
5	2500	11.19	2.86
6	3000	13.43	3.64
7	3500	15.67	4.2
8	4000	17.91	4.41
9	4500	20.15	4.63
10	5000	22.38	4.85
11	5500	24.62	5.06
12	6000	26.86	5.25
13	6500	29.10	5.56
14	7000	31.34	5.8
15	7500	33.58	6.06
16	8000	35.81	6.35
17	8500	38.05	6.84
18	8980	40.20	6.98

Figura 92: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada



**Muestra N° 5**

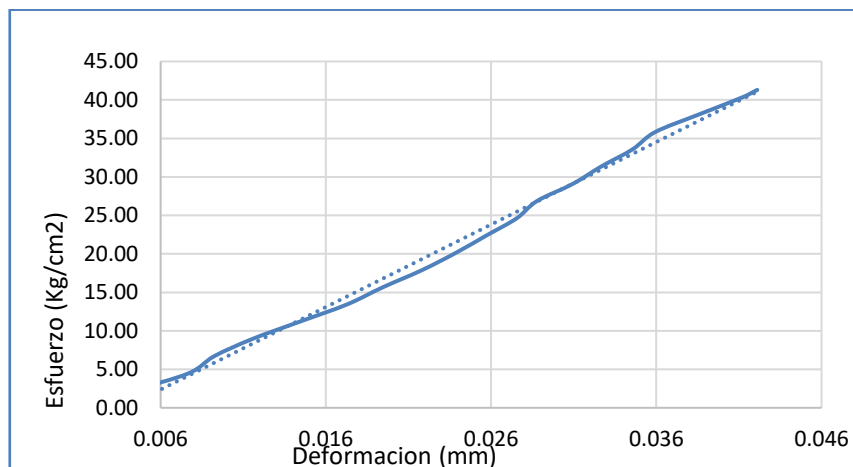
Tabla 64: Dimensiones muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.60	15.30	10.00	223.38

Tabla 65: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 del adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.24	0.63
2	1000	4.48	1.13
3	1500	6.72	1.36
4	2000	8.95	1.7
5	2500	11.19	2.12
6	3000	13.43	2.54
7	3500	15.67	2.86
8	4000	17.91	3.21
9	4500	20.15	3.51
10	5000	22.38	3.78
11	5500	24.62	4.05
12	6000	26.86	4.23
13	6500	29.10	4.55
14	7000	31.34	4.8
15	7500	33.58	5.08
16	8000	35.81	5.28
17	8500	38.05	5.66
18	9000	40.29	6.05
19	9226	41.30	6.19

Figura 93: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada



### Muestra N° 6

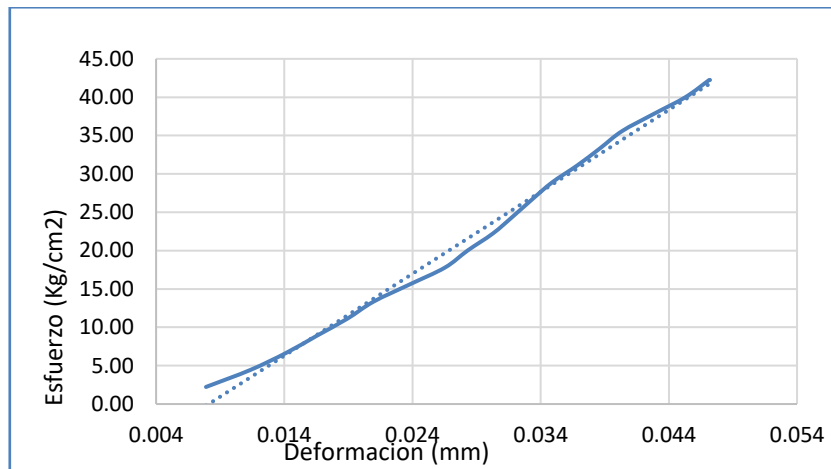
Tabla 66: Dimensiones muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo de 10% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.70	15.30	10.00	224.91

Tabla 67: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.22	1.16
2	1000	4.45	1.67
3	1500	6.67	2.08
4	2000	8.89	2.43
5	2500	11.12	2.78
6	3000	13.34	3.08
7	3500	15.56	3.49
8	4000	17.78	3.9
9	4500	20.01	4.16
10	5000	22.23	4.45
11	5500	24.45	4.68
12	6000	26.68	4.9
13	6500	28.90	5.13
14	7000	31.12	5.42
15	7500	33.35	5.68
16	8000	35.57	5.93
17	8500	37.79	6.29
18	9000	40.02	6.66
19	9500	42.24	6.93
20	9501	42.24	6.94

Figura 94: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada



### Muestra N° 7

Tabla 68: Dimensiones muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

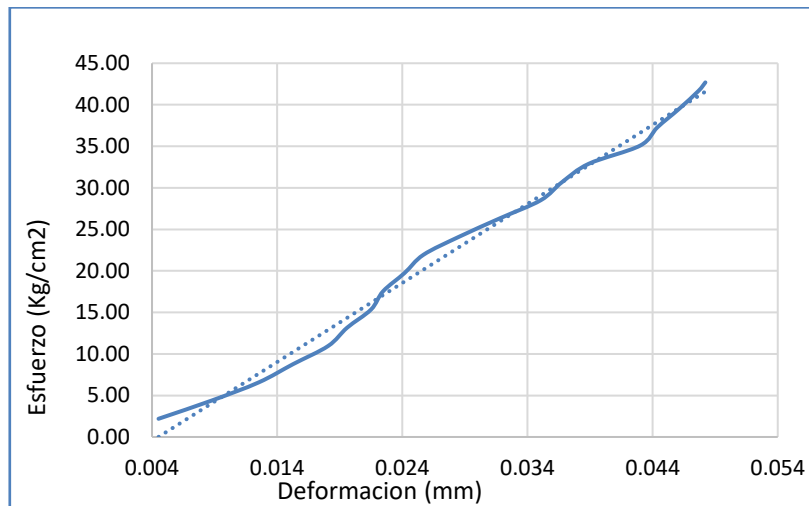
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.90	15.30	9.90	227.97

Tabla 69: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.19	0.66
2	1000	4.39	1.28
3	1500	6.58	1.83
4	2000	8.77	2.23
5	2500	10.97	2.64
6	3000	13.16	2.86
7	3500	15.35	3.14
8	4000	17.55	3.28
9	4500	19.74	3.53
10	5000	21.93	3.75
11	5500	24.13	4.17
12	6000	26.32	4.64
13	6500	28.51	5.12
14	7000	30.71	5.37
15	7500	32.90	5.68
16	8000	35.09	6.28
17	8500	37.29	6.48

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
18	9000	39.48	6.73
19	9500	41.67	6.96
20	9733	42.69	7.04

Figura 95: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 10% de cerámica triturada



### ENSAYO A COMPRESIÓN CON REEMPLAZO 15% CERÁMICA TRITURADA.

#### Muestra N° 1

Tabla 70: Dimensiones muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo de 15% de cerámica triturada

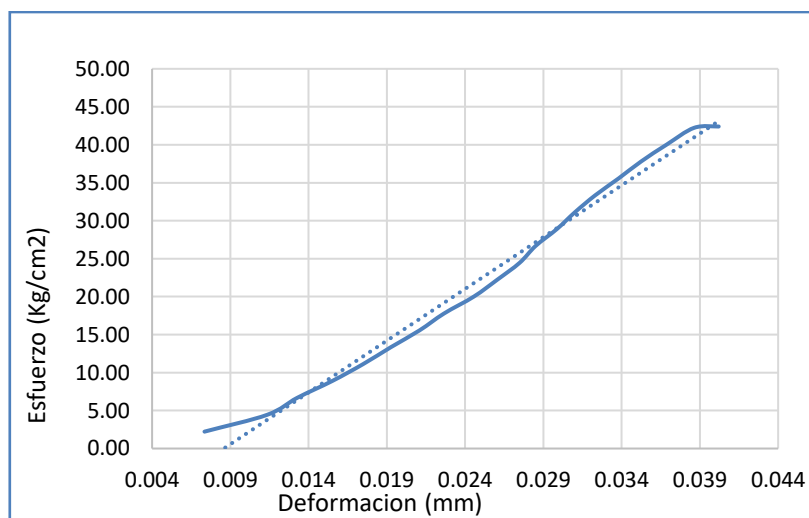
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.70	15.30	9.90	224.91

Tabla 71: Resistencia a compresión de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.22	1.08
2	1000	4.45	1.67
4	1500	6.67	1.95
5	2000	8.89	2.28
6	2500	11.12	2.57
7	3000	13.34	2.83
8	3500	15.56	3.1

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
9	4000	17.78	3.33
10	4500	20.01	3.61
11	5000	22.23	3.83
12	5500	24.45	4.04
13	6000	26.68	4.19
14	6500	28.90	4.39
15	7000	31.12	4.56
16	7500	33.35	4.75
17	8000	35.57	4.97
18	8500	37.79	5.18
19	9000	40.02	5.42
20	9500	5.68	42.24
21	9537	5.91	42.40

Figura 96: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada



### Muestra N° 2

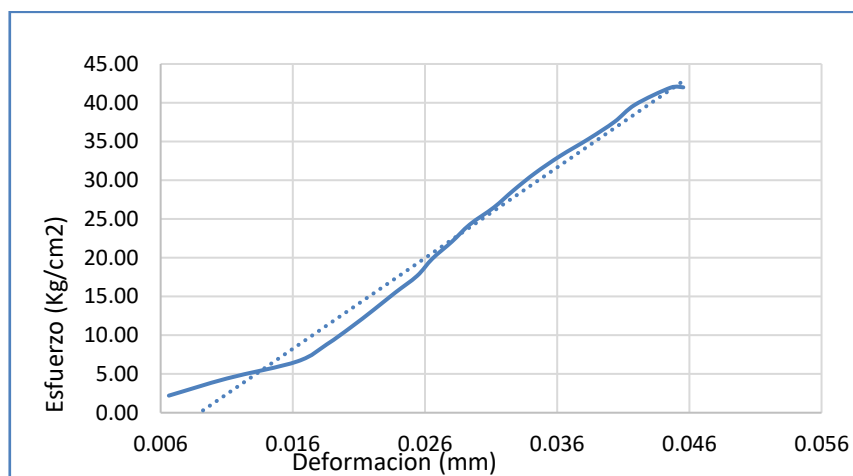
Tabla 72: Dimensiones muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo de 15% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.80	15.30	9.90	226.44

Tabla 73: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.21	0.98
2	1000	4.42	1.63
3	1500	6.62	2.42
4	2000	8.83	2.75
5	2500	11.04	3.02
6	3000	13.25	3.27
7	3500	15.46	3.51
8	4000	17.66	3.76
9	4500	19.87	3.93
10	5000	22.08	4.15
11	5500	24.29	4.35
12	6000	26.50	4.62
13	6500	28.71	4.84
14	7000	30.91	5.08
15	7500	33.12	5.36
16	8000	35.33	5.68
17	8500	37.54	5.97
18	9000	39.75	6.2
19	9500	41.95	6.6
20	9506	41.98	6.74

Figura 97: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada





### Muestra N° 3

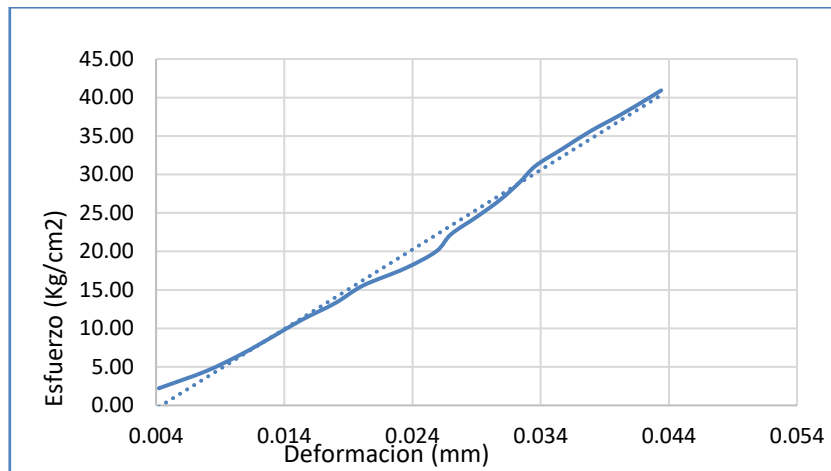
Tabla 74: Dimensiones muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.70	15.30	10.10	224.91

Tabla 75: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.22	0.62
2	1000	4.45	1.16
3	1500	6.67	1.57
4	2000	8.89	1.92
5	2500	11.12	2.26
6	3000	13.34	2.65
7	3500	15.56	2.96
8	4000	17.78	3.44
9	4500	20.01	3.8
10	5000	22.23	3.97
11	5500	24.45	4.26
12	6000	26.68	4.53
13	6500	28.90	4.75
14	7000	31.12	4.94
15	7500	33.35	5.25
16	8000	35.57	5.56
17	8500	37.79	5.92
18	9000	40.02	6.25
19	9204	40.92	6.38

Figura 98: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada



#### Muestra N° 4

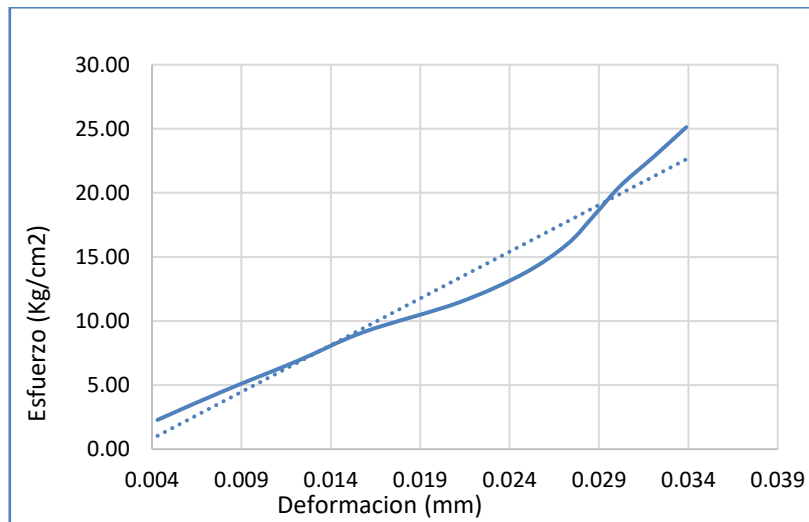
Tabla 76: Dimensiones muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.40	15.20	10.10	218.88

Tabla 77: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.28	0.62
2	1000	4.57	1.16
3	1500	6.85	1.74
4	2000	9.14	2.28
5	2500	11.42	3.04
6	3000	13.71	3.57
7	3500	15.99	3.92
8	4000	18.27	4.14
9	4500	20.56	4.35
10	5000	22.84	4.62
11	5500	25.13	4.88
12	6000	27.41	5.13
13	6500	29.70	5.37
14	7000	31.98	5.71
15	7500	34.27	6.19
16	8000	36.55	6.33
17	8367	38.23	6.52

Figura 99: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°4 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada



### Muestra N° 5

Tabla 78: Dimensiones muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

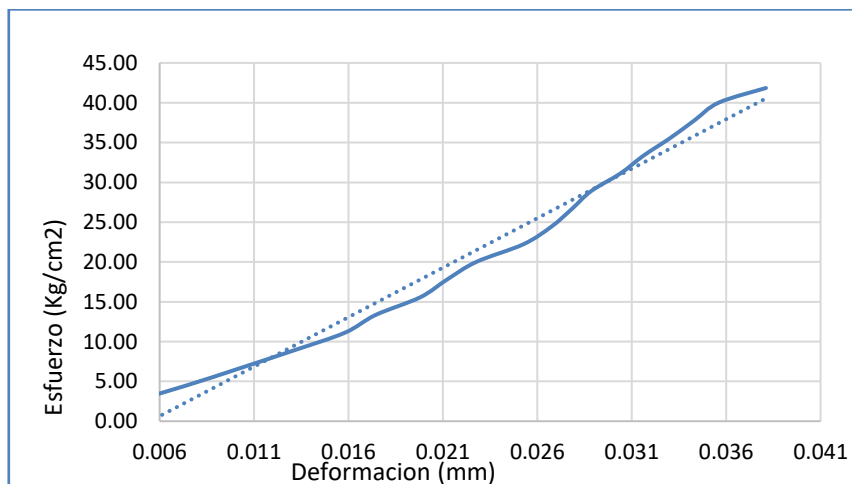
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.70	15.30	9.90	224.91

Tabla 79: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.22	0.62
2	1000	4.45	1.09
3	1500	6.67	1.52
4	2000	8.89	1.94
5	2500	11.12	2.34
6	3000	13.34	2.58
7	3500	15.56	2.93
8	4000	17.78	3.14
9	4500	20.01	3.37
10	5000	22.23	3.74
11	5500	24.45	3.96
12	6000	26.68	4.12
13	6500	28.90	4.27
14	7000	31.12	4.5
15	7500	33.35	4.68
16	8000	35.57	4.89

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
17	8500	37.79	5.08
18	9000	40.02	5.27
19	9413	41.85	5.64

Figura 100: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada



### Muestra N° 6

Tabla 80: Dimensiones muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

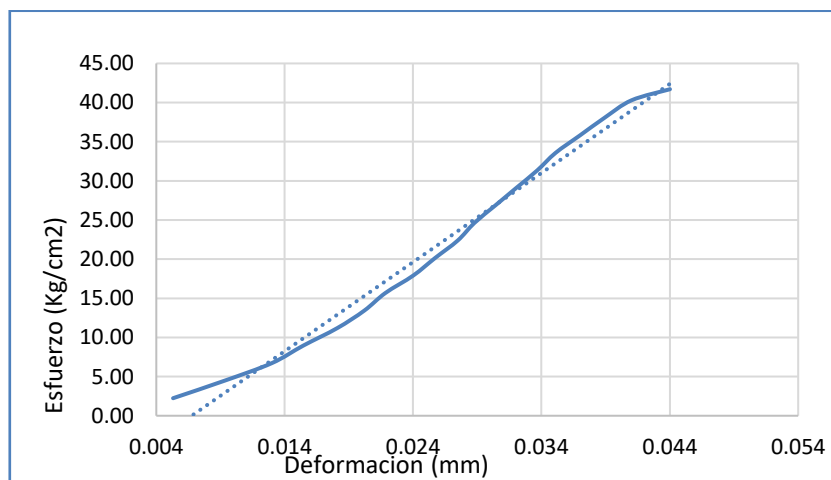
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.60	15.30	10.00	223.38

Tabla 81: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.24	0.78
2	1000	4.48	1.37
3	1500	6.72	1.91
4	2000	8.95	2.27
5	2500	11.19	2.66
6	3000	13.43	2.97
7	3500	15.67	3.21
8	4000	17.91	3.53
9	4500	20.15	3.78
10	5000	22.38	4.04

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
11	5500	24.62	4.23
12	6000	26.86	4.47
13	6500	29.10	4.71
14	7000	31.34	4.95
15	7500	33.58	5.16
16	8000	35.81	5.44
17	8500	38.05	5.72
18	9000	40.29	6.03
19	9316	41.70	6.47

Figura 101: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°6 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada



### Muestra N° 7

Tabla 82: Dimensiones muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

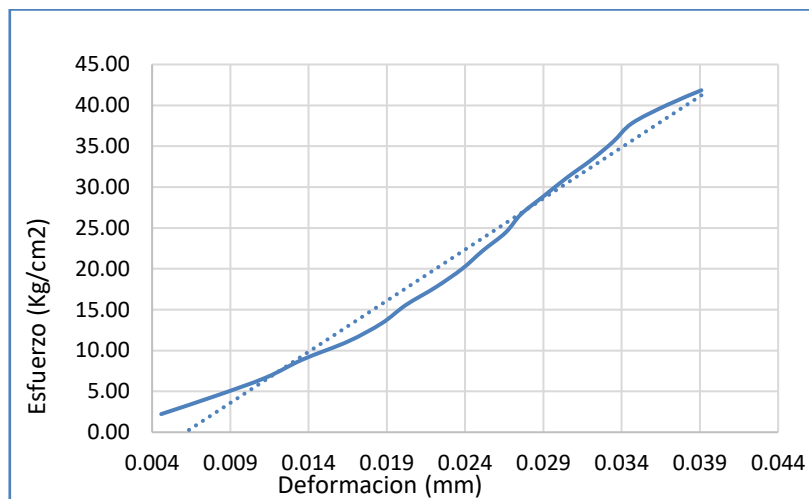
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
14.70	15.30	10.10	224.91

Tabla 83: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	500	2.22	0.66
2	1000	4.45	1.16
3	1500	6.67	1.62
4	2000	8.89	1.96
5	2500	11.12	2.38
6	3000	13.34	2.69

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
7	3500	15.56	2.91
8	4000	17.78	3.19
9	4500	20.01	3.43
10	5000	22.23	3.62
11	5500	24.45	3.83
12	6000	26.68	3.97
13	6500	28.90	4.18
14	7000	31.12	4.39
15	7500	33.35	4.62
16	8000	35.57	4.82
17	8500	37.79	4.99
18	9000	40.02	5.31
19	9411	41.84	5.63

Figura 102: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo 15% de cerámica triturada



## ENSAYO RESISTENCIA A FLEXION DE LA MUESTRA PATRÓN

### Muestra N° 1

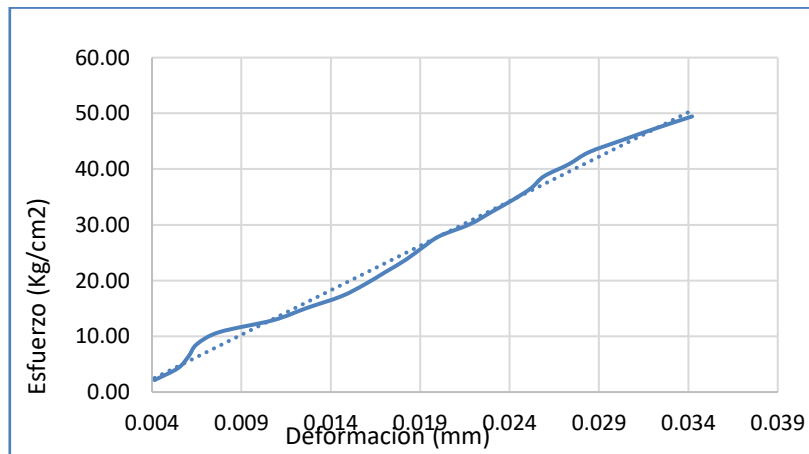
Tabla 84: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado patrón

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.10	15.10	10.00	0.01788079

Tabla 85: Resistencia a flexión de la muestra N° 1 de adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.79	0.08
2	200	3.58	0.23
3	300	5.36	0.41
4	400	7.15	0.53
5	500	8.94	0.65
6	600	10.73	0.74
7	700	12.52	0.83
8	800	14.30	0.91
9	900	16.09	0.98
10	1000	17.88	1.13
11	1100	19.67	1.24
12	1200	21.46	1.51
13	1300	23.25	1.74
14	1400	25.03	1.91
15	1500	26.82	2.13
16	1541	27.55	2.19

Figura 103: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 adobe compactado patrón



## Muestra N° 2

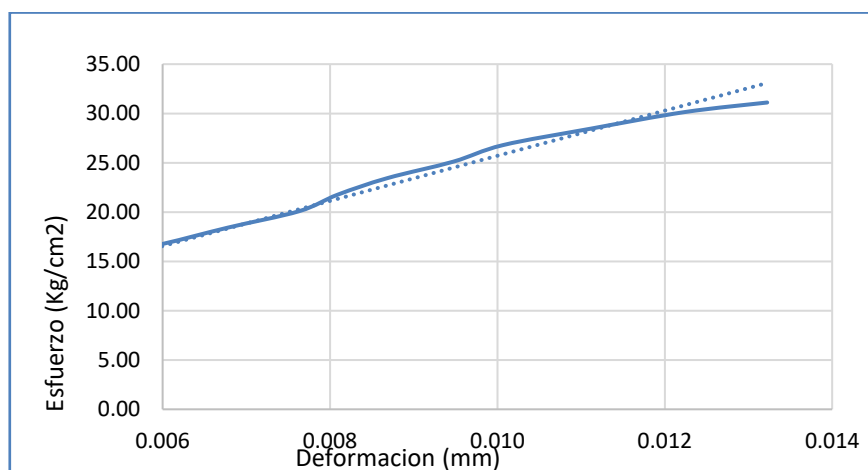
Tabla 86: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado patrón

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.10	15.20	10.30	0.01674348

Tabla 87: Resistencia a flexión de la muestra N° 2 de adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.67	0.07
2	200	3.35	0.13
3	300	5.02	0.18
4	400	6.70	0.22
5	500	8.37	0.27
6	600	10.05	0.41
7	700	11.72	0.6
8	800	13.39	0.69
9	900	15.07	0.77
10	1000	16.74	0.91
11	1100	18.42	1.03
12	1200	20.09	1.16
13	1300	21.77	1.23
14	1400	23.44	1.32
15	1500	25.12	1.44
16	1600	26.79	1.53
17	1700	28.46	1.69
18	1800	30.14	1.86
19	1858	31.11	2.01

Figura 104: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°2 adobe compactado patrón



### Muestra N° 3

Tabla 88: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado patrón

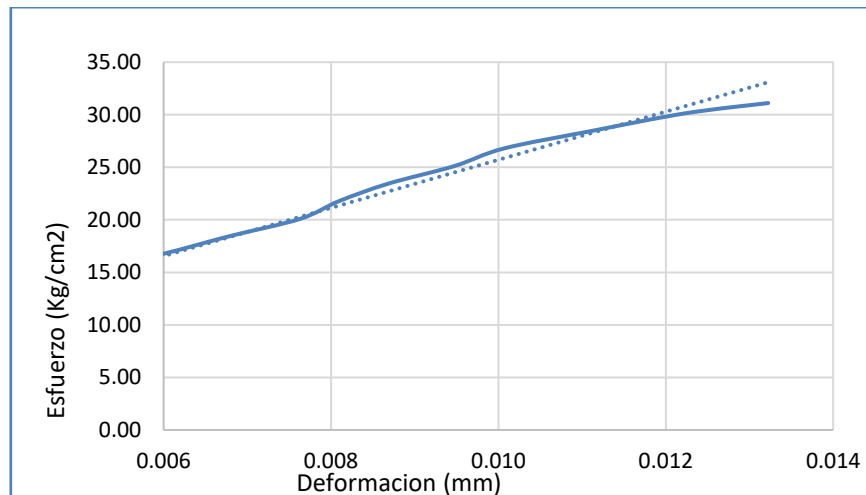
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.00	15.20	10.10	0.01741315



Tabla 89: Resistencia a flexión de la muestra N° 2 de adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.74	0.26
2	200	3.48	0.45
3	300	5.22	0.48
4	400	6.97	0.52
5	500	8.71	0.81
6	600	10.45	1.02
7	700	12.19	1.13
8	800	13.93	1.25
9	900	15.67	1.39
10	1000	17.41	1.57
11	1100	19.15	2.06
12	1200	20.90	2.23
13	1300	22.64	2.46
14	1400	24.38	2.58
15	1500	26.12	2.71
16	1600	27.86	2.89
17	1691	29.45	2.98

Figura 105: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°3 adobe compactado patrón



#### Muestra N° 4

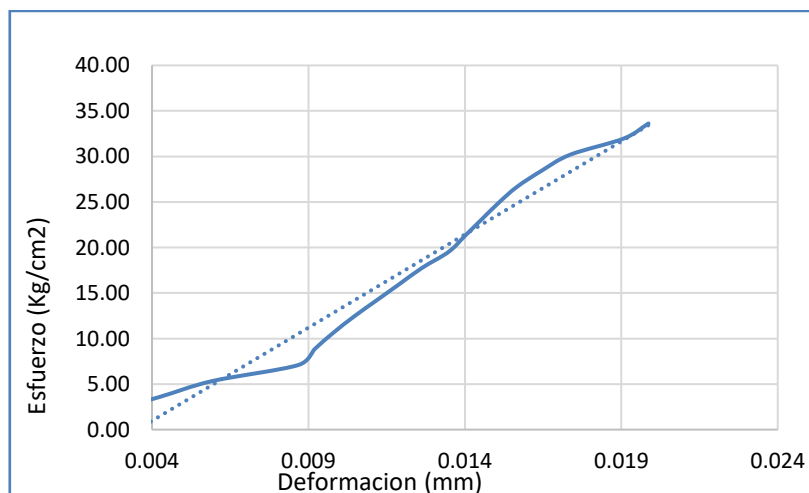
Tabla 90: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado patrón

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.20	15.20	10.00	0.01776316

Tabla 91: Resistencia a flexión de la muestra N° 4 de adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.78	0.36
2	200	3.55	0.64
3	300	5.33	0.9
4	400	7.11	1.32
5	500	8.88	1.4
6	600	10.66	1.49
7	700	12.43	1.59
8	800	14.21	1.7
9	900	15.99	1.81
10	1000	17.76	1.92
11	1100	19.54	2.05
12	1200	21.32	2.13
13	1300	23.09	2.21
14	1400	24.87	2.29
15	1500	26.64	2.38
16	1600	28.42	2.5
17	1700	30.20	2.64
18	1800	31.97	2.9
19	1893	33.63	3.02

Figura 106: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°4 adobe compactado patrón



**Muestra N° 5**

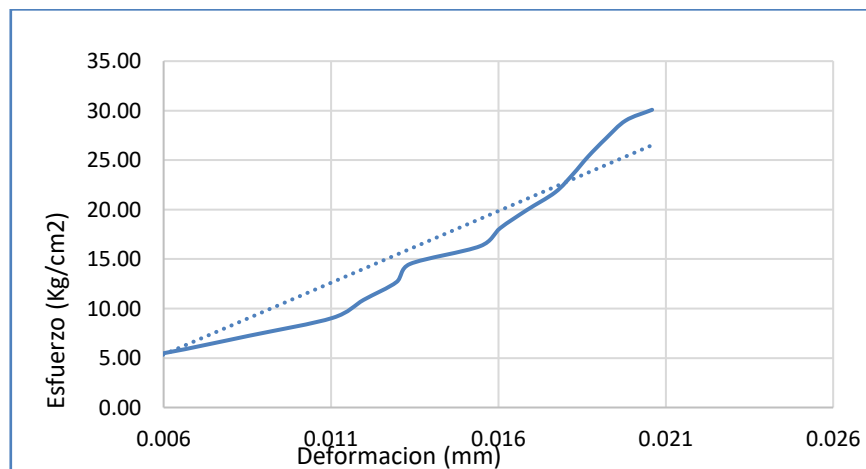
Tabla 92: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado patrón

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.10	15.20	9.90	0.01812382

Tabla 93: Resistencia a flexión de la muestra N° 5 de adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.81	0.15
2	200	3.62	0.4
3	300	5.44	0.9
4	400	7.25	1.3
5	500	9.06	1.68
6	600	10.87	1.82
7	700	12.69	1.97
8	800	14.50	2.03
9	900	16.31	2.35
10	1000	18.12	2.44
11	1100	19.94	2.56
12	1200	21.75	2.69
13	1300	23.56	2.77
14	1400	25.37	2.84
15	1500	27.19	2.92
16	1600	29.00	3.01
17	1660	30.09	3.13

Figura 107: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°5 adobe compactado patrón



**Muestra N° 6**

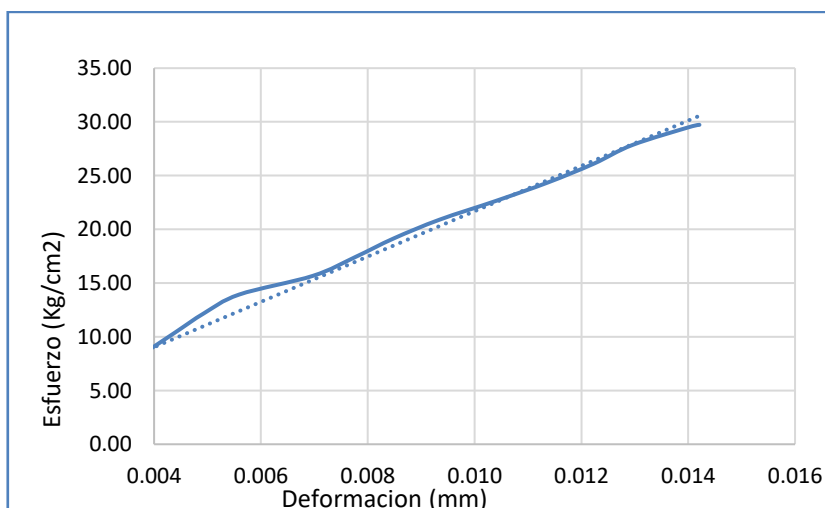
Tabla 94: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado patrón

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.30	15.20	10.10	0.01741315

Tabla 95: Resistencia a flexión de la muestra N° 6 de adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.74	0.16
2	200	3.48	0.28
3	300	5.22	0.37
4	400	6.97	0.51
5	500	8.71	0.59
6	600	10.45	0.67
7	700	12.19	0.75
8	800	13.93	0.85
9	900	15.67	1.06
10	1000	17.41	1.18
11	1100	19.15	1.29
12	1200	20.90	1.42
13	1300	22.64	1.58
14	1400	24.38	1.73
15	1500	26.12	1.86
16	1600	27.86	1.97
17	1700	29.60	2.14
18	1707	29.72	2.16

Figura 108: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°6 adobe compactado patrón



**Muestra N° 7**

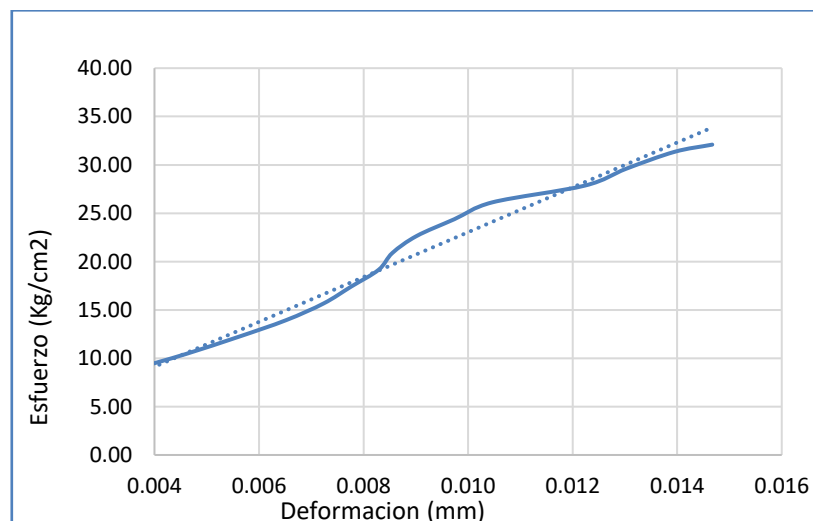
Tabla 96: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado patrón

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.30	15.20	10.10	0.01741315

Tabla 97: Resistencia a flexión de la muestra N° 7 de adobe compactado patrón

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.74	0.18
2	200	3.48	0.27
3	300	5.22	0.36
4	400	6.97	0.45
5	500	8.71	0.54
6	600	10.45	0.7
7	700	12.19	0.85
8	800	13.93	0.99
9	900	15.67	1.1
10	1000	17.41	1.18
11	1100	19.15	1.26
12	1200	20.90	1.3
13	1300	22.64	1.37
14	1400	24.38	1.48
15	1500	26.12	1.59
16	1600	27.86	1.86
17	1700	29.60	1.98
18	1800	31.34	2.12
19	1843	32.09	2.23

Figura 109: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°7 adobe compactado patrón



## ENSAYO A FLEXIÓN CON REEMPLAZO 5% CERÁMICA TRITURADA.

### Muestra N° 1

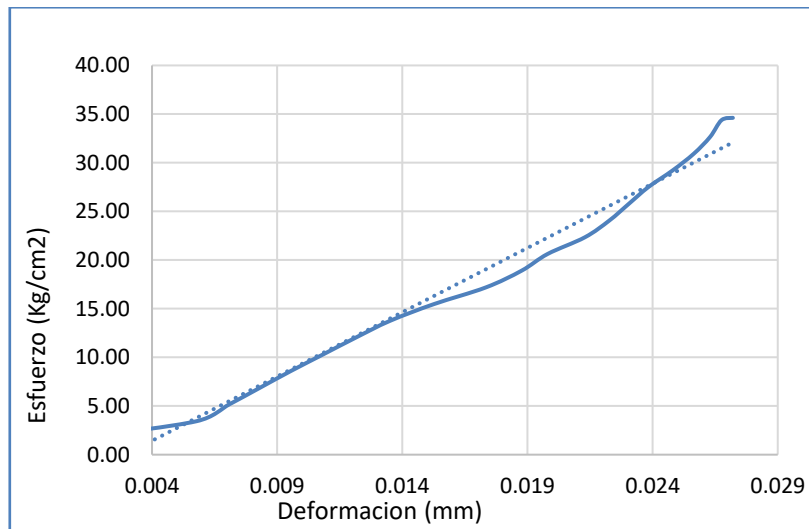
Tabla 98: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.30	15.40	10.00	0.01718701

Tabla 99: Resistencia a flexión de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.72	0.18
2	200	3.44	0.89
3	300	5.16	1.09
4	400	6.87	1.28
5	500	8.59	1.47
6	600	10.31	1.67
7	700	12.03	1.87
8	800	13.75	2.08
9	900	15.47	2.35
10	1000	17.19	2.67
11	1100	18.91	2.89
12	1200	20.62	3.05
13	1300	22.34	3.28
14	1400	24.06	3.43
15	1500	25.78	3.55
16	1600	27.50	3.67
17	1700	29.22	3.82
18	1800	30.94	3.95
19	1900	32.66	4.05
20	2000	34.37	4.12
21	2014	34.61	4.19

Figura 110: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada



### Muestra N° 2

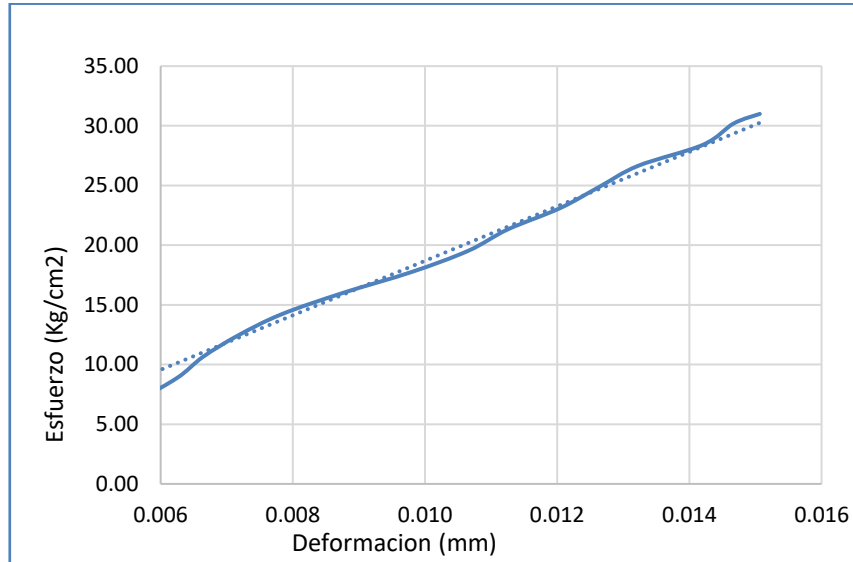
Tabla 100: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.20	15.20	10.00	0.01776316

Tabla 101: Resistencia a flexión de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.78	0.16
2	200	3.55	0.54
3	300	5.33	0.73
4	400	7.11	0.86
5	500	8.88	0.95
6	600	10.66	1.01
7	700	12.43	1.09
8	800	14.21	1.19
9	900	15.99	1.33
10	1000	17.76	1.49
11	1100	19.54	1.62
12	1200	21.32	1.71
13	1300	23.09	1.83
14	1400	24.87	1.92
15	1500	26.64	2.01
16	1600	28.42	2.16
17	1700	30.20	2.23
18	1745	31.00	2.29

Figura 111: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°2 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada



### Muestra N° 3

Tabla 102: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.30	15.20	10.00	0.01776316

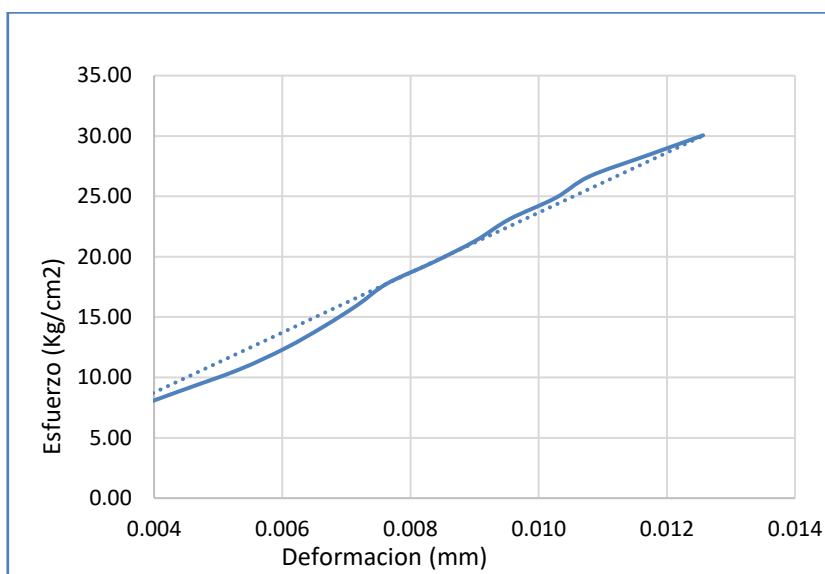
Tabla 103: Resistencia a flexión de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.78	0.09
2	200	3.55	0.21
3	300	5.33	0.39
4	400	7.11	0.53
5	500	8.88	0.67
6	600	10.66	0.81
7	700	12.43	0.92
8	800	14.21	1.01
9	900	15.99	1.09
10	1000	17.76	1.16
11	1100	19.54	1.27
12	1200	21.32	1.37
13	1300	23.09	1.45
14	1400	24.87	1.56
15	1500	26.64	1.64



N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
16	1600	28.42	1.78
17	1691	30.06	1.91

Figura 112: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°3 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada



#### Muestra N° 4

Tabla 104: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

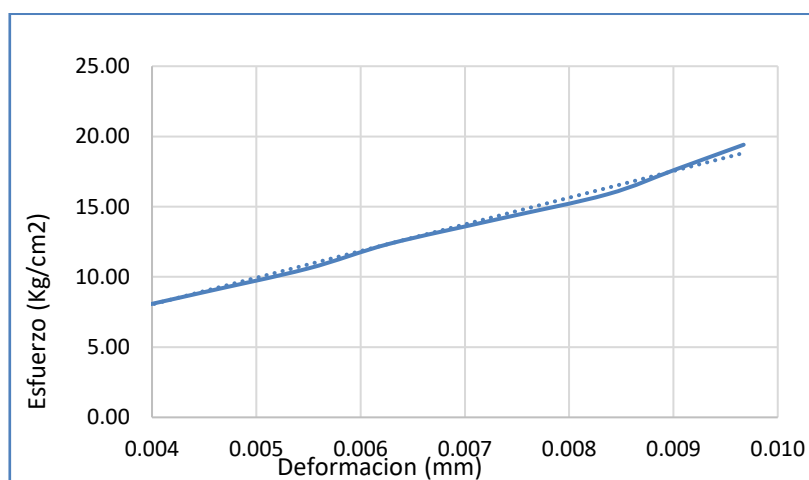
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.30	15.30	10.00	0.01764706

Tabla 105: Resistencia a flexión de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.76	0.11
2	200	3.53	0.24
3	300	5.29	0.38
4	400	7.06	0.52
5	500	8.82	0.68
6	600	10.59	0.84
7	700	12.35	0.96
8	800	14.12	1.12
9	900	15.88	1.28
10	1000	17.65	1.38
11	1100	19.41	1.48

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
12	1200	21.18	1.6
13	1300	22.94	1.72
14	1400	24.71	1.89
15	1500	26.47	2.01
16	1600	28.24	2.13
17	1700	30.00	2.26
18	1785	31.50	2.32

Figura 113: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°4 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada



### Muestra N° 5

Tabla 106: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

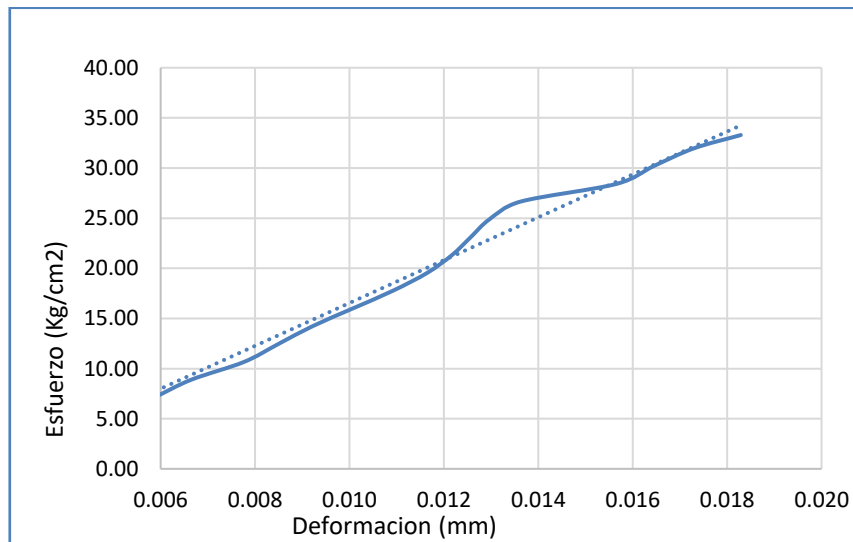
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.10	15.20	10.00	0.01776316

Tabla 107: Resistencia a flexión de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.78	0.34
2	200	3.55	0.58
3	300	5.33	0.76
4	400	7.11	0.89
5	500	8.88	1.01
6	600	10.66	1.18
7	700	12.43	1.29
8	800	14.21	1.4
9	900	15.99	1.53

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
10	1000	17.76	1.66
11	1100	19.54	1.77
12	1200	21.32	1.85
13	1300	23.09	1.91
14	1400	24.87	1.97
15	1500	26.64	2.07
16	1600	28.42	2.38
17	1700	30.20	2.5
18	1800	31.97	2.63
19	1874	33.29	2.78

Figura 114: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°5 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada



### Muestra N° 6

Tabla 108: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

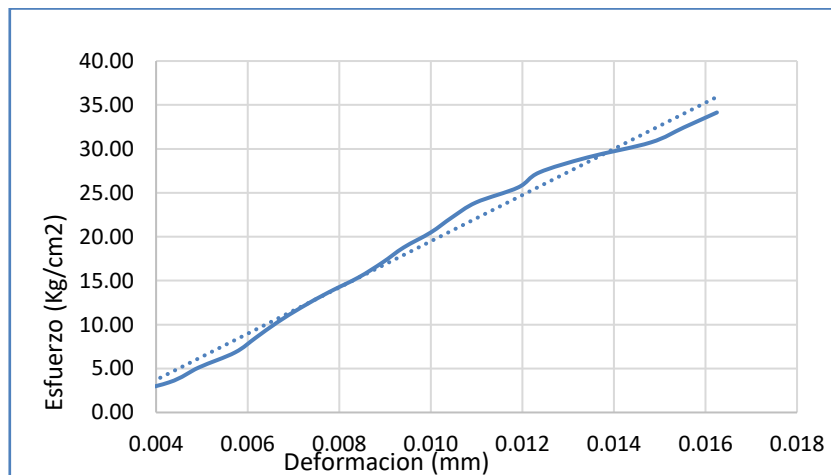
Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.30	15.20	10.20	0.01707339

Tabla 109: Resistencia a flexión de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.71	0.45
2	200	3.41	0.65
3	300	5.12	0.75
4	400	6.83	0.87
5	500	8.54	0.94

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
6	600	10.24	1.01
7	700	11.95	1.09
8	800	13.66	1.18
9	900	15.37	1.28
10	1000	17.07	1.36
11	1100	18.78	1.43
12	1200	20.49	1.52
13	1300	22.20	1.59
14	1400	23.90	1.67
15	1500	25.61	1.81
16	1600	27.32	1.88
17	1700	29.02	2.04
18	1800	30.73	2.25
19	1900	32.44	2.36
20	2000	34.15	2.47
21	2010	34.32	2.59

Figura 115: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°6 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada



### Muestra N° 7

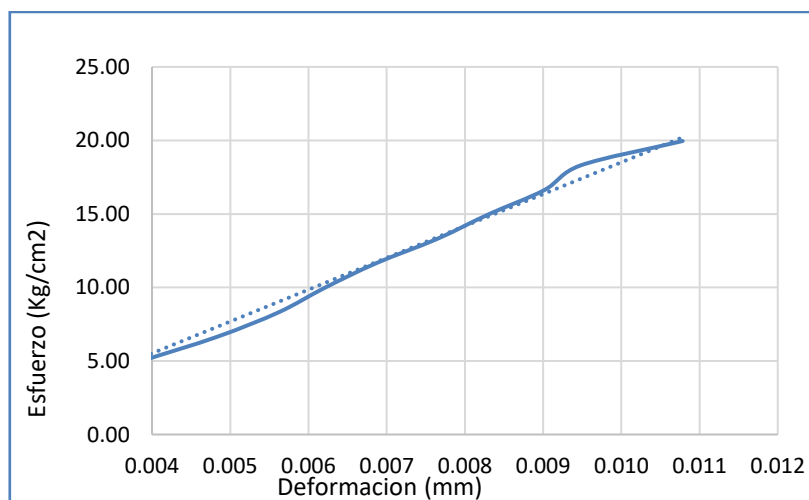
Tabla 110: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.20	15.30	10.30	0.01663405

Tabla 111: Resistencia a flexión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.66	0.28
2	200	3.33	0.44
3	300	4.99	0.59
4	400	6.65	0.74
5	500	8.32	0.86
6	600	9.98	0.95
7	700	11.64	1.05
8	800	13.31	1.17
9	900	14.97	1.27
10	1000	16.63	1.38
11	1100	18.30	1.45
12	1200	19.96	1.65
13	1300	21.62	1.76
14	1400	23.29	1.84
15	1500	24.95	1.9
16	1600	26.61	1.96
17	1700	28.28	2.1
18	1800	29.94	2.18
19	1900	31.60	2.3
20	2000	33.27	2.38
21	2029	33.75	2.5

Figura 116: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°7 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada



## ENSAYO A FLEXIÓN CON REEMPLAZO 10% CERÁMICA TRITURADA.

### Muestra N° 1

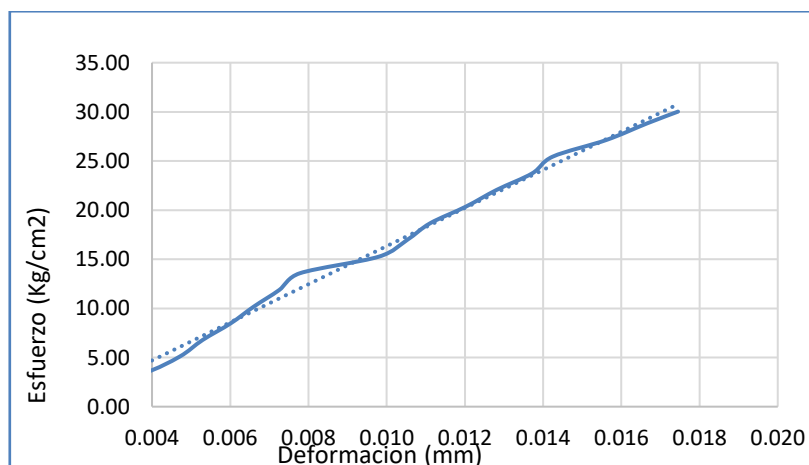
Tabla 112: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.30	15.10	10.20	0.0169618

Tabla 113: Resistencia a flexión de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.70	0.35
2	200	3.39	0.58
3	300	5.09	0.72
4	400	6.78	0.81
5	500	8.48	0.92
6	600	10.18	1.01
7	700	11.87	1.11
8	800	13.57	1.19
10	1000	16.96	1.61
11	1100	18.66	1.7
12	1200	20.35	1.84
13	1300	22.05	1.96
14	1400	23.75	2.1
15	1500	25.44	2.18
16	1600	27.14	2.39
17	1700	28.84	2.55
18	1770	30.02	2.67

Figura 117: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada



**Muestra N° 2**

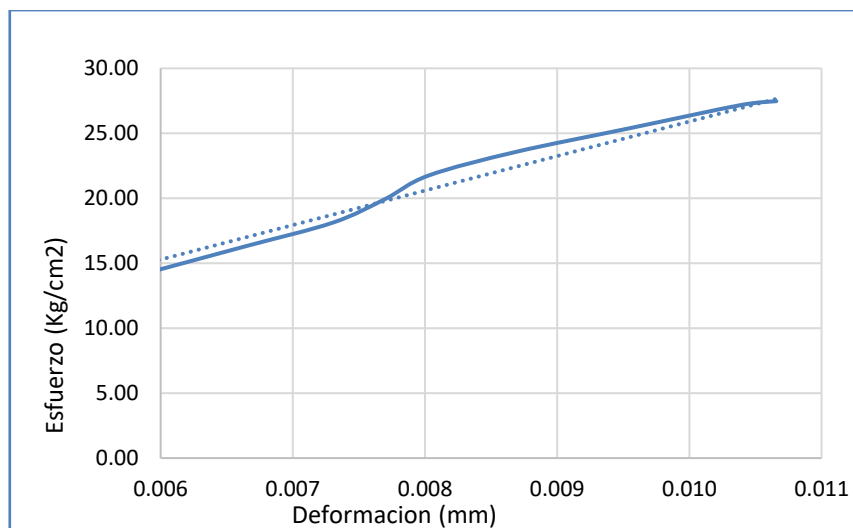
Tabla 114: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.10	15.20	9.90	0.01812382

Tabla 115: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.81	0.1
2	200	3.62	0.18
3	300	5.44	0.31
4	400	7.25	0.46
5	500	9.06	0.65
6	600	10.87	0.72
7	700	12.69	0.81
8	800	14.50	0.91
9	900	16.31	1.01
10	1000	18.12	1.11
11	1100	19.94	1.17
12	1200	21.75	1.22
13	1300	23.56	1.32
14	1400	25.37	1.45
15	1500	27.19	1.58
16	1516	27.48	1.62

Figura 118: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°2 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada



### Muestra N° 3

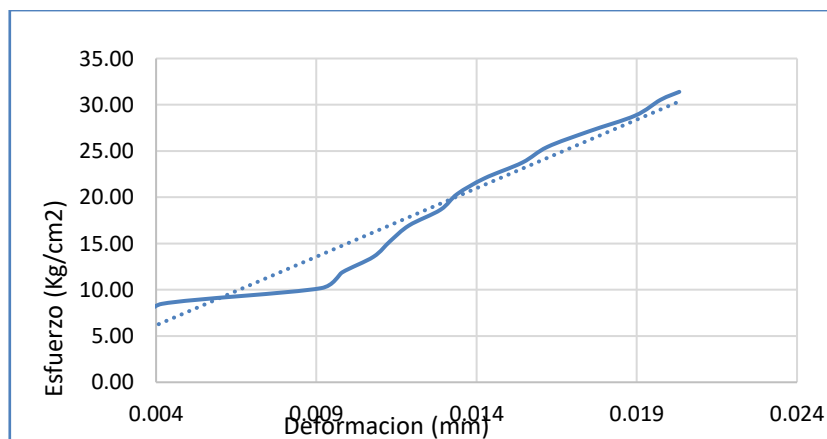
Tabla 116: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.10	15.30	10.20	0.0169618

Tabla 117: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.70	0.08
2	200	3.39	0.23
3	300	5.09	0.38
4	400	6.78	0.55
5	500	8.48	0.64
6	600	10.18	1.4
7	700	11.87	1.5
8	800	13.57	1.65
9	900	15.27	1.73
10	1000	16.96	1.82
11	1100	18.66	1.97
12	1200	20.35	2.05
13	1300	22.05	2.18
14	1400	23.75	2.36
15	1500	25.44	2.48
16	1600	27.14	2.68
17	1700	28.84	2.9
18	1800	30.53	3.02
19	1851	31.40	3.11

Figura 119: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°3 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada





#### Muestra N° 4

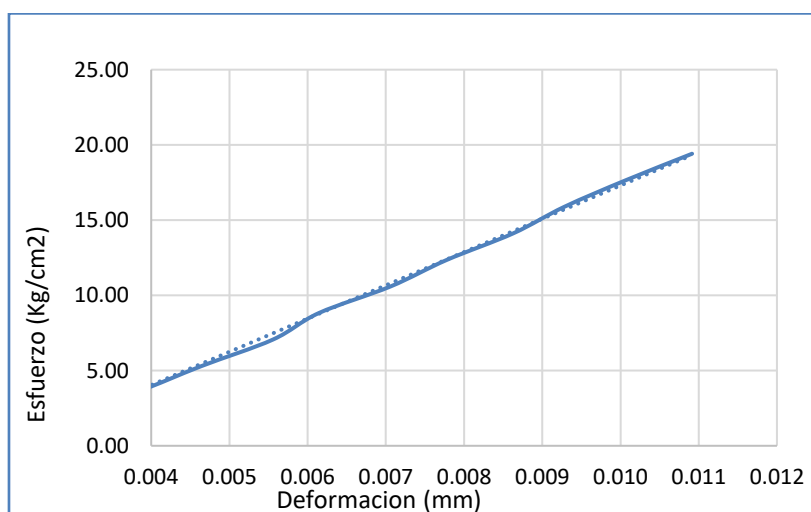
Tabla 118: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.20	15.30	10.00	0.01764706

Tabla 119: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.76	0.42
2	200	3.53	0.58
3	300	5.29	0.71
4	400	7.06	0.85
5	500	8.82	0.94
6	600	10.59	1.08
7	700	12.35	1.19
8	800	14.12	1.32
9	900	15.88	1.42
10	1000	17.65	1.54
11	1100	19.41	1.67
12	1200	21.18	1.92
13	1300	22.94	2.16
14	1400	24.71	2.38
15	1500	26.47	2.52
16	1600	28.24	2.77
17	1665	29.38	2.89

Figura 120: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°4 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada



**Muestra N° 5**

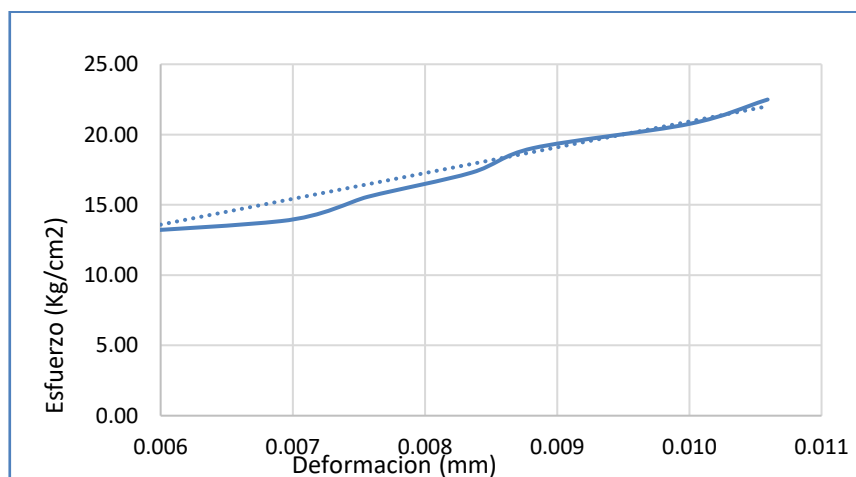
Tabla 120: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.20	15.30	10.10	0.01729934

Tabla 121: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.73	0.1
2	200	3.46	0.18
3	300	5.19	0.24
4	400	6.92	0.31
5	500	8.65	0.39
6	600	10.38	0.47
7	700	12.11	0.63
8	800	13.84	1.05
9	900	15.57	1.15
10	1000	17.30	1.27
11	1100	19.03	1.34
12	1200	20.76	1.52
13	1300	22.49	1.61
14	1400	24.22	1.69
15	1500	25.95	1.76
16	1600	27.68	1.84
17	1700	29.41	2.19
18	1800	31.14	2.31
19	1806	31.24	2.34

Figura 121: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°5 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada



**Muestra N° 6**

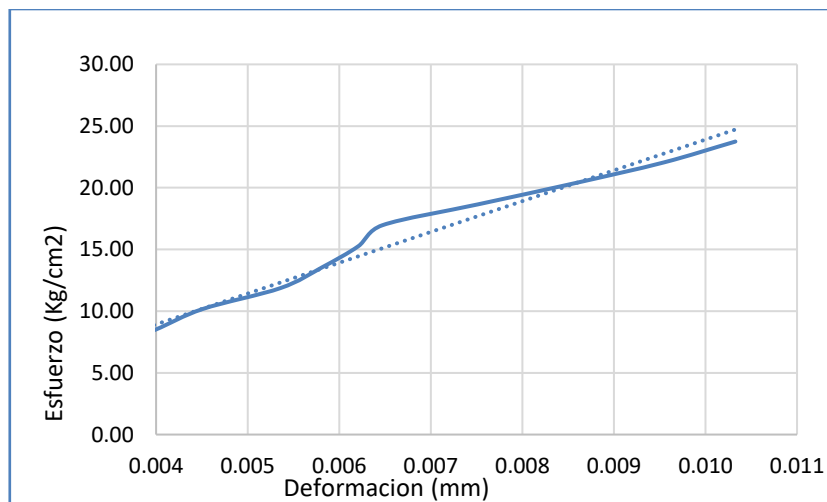
Tabla 122: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.20	15.30	10.20	0.0169618

Tabla 123: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.70	0.15
2	200	3.39	0.28
3	300	5.09	0.42
4	400	6.78	0.52
5	500	8.48	0.61
6	600	10.18	0.69
7	700	11.87	0.82
8	800	13.57	0.89
9	900	15.27	0.95
10	1000	16.96	0.99
11	1100	18.66	1.15
12	1200	20.35	1.31
13	1300	22.05	1.46
14	1400	23.75	1.58
15	1500	25.44	1.71
16	1600	27.14	1.85
17	1700	28.84	2.11
18	1705	28.92	2.14

Figura 122: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°6 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada



**Muestra N° 7**

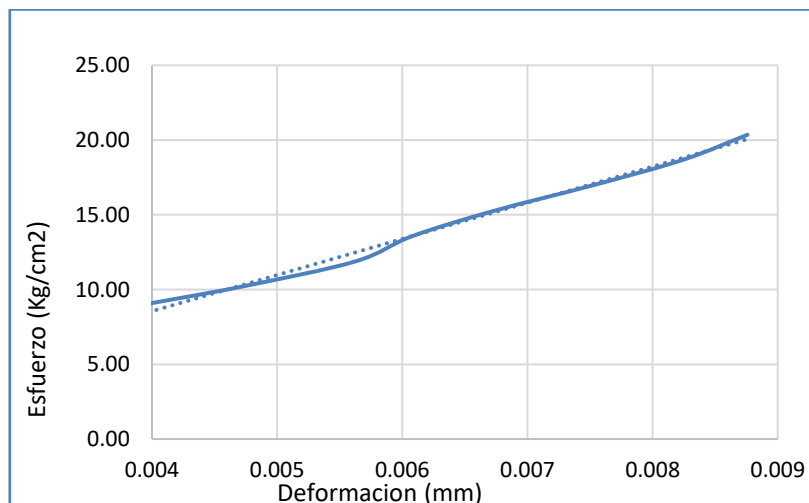
Tabla 124: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.30	15.20	10.10	0.01741315

Tabla 125: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.70	0.19
2	200	3.39	0.28
3	300	5.09	0.41
4	400	6.78	0.49
5	500	8.48	0.56
6	600	10.18	0.72
7	700	11.87	0.86
8	800	13.57	0.93
9	900	15.27	1.03
10	1000	16.96	1.15
11	1100	18.66	1.26
12	1200	20.35	1.34
13	1300	22.05	1.43
14	1400	23.75	1.52
15	1500	25.44	1.62
16	1600	27.14	1.81
17	1690	28.67	1.93

Figura 123: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°7 adobe compactado con reemplazo de 5% cerámica triturada



## ENSAYO A FLEXIÓN CON REEMPLAZO 15% CERÁMICA TRITURADA.

### Muestra N° 1

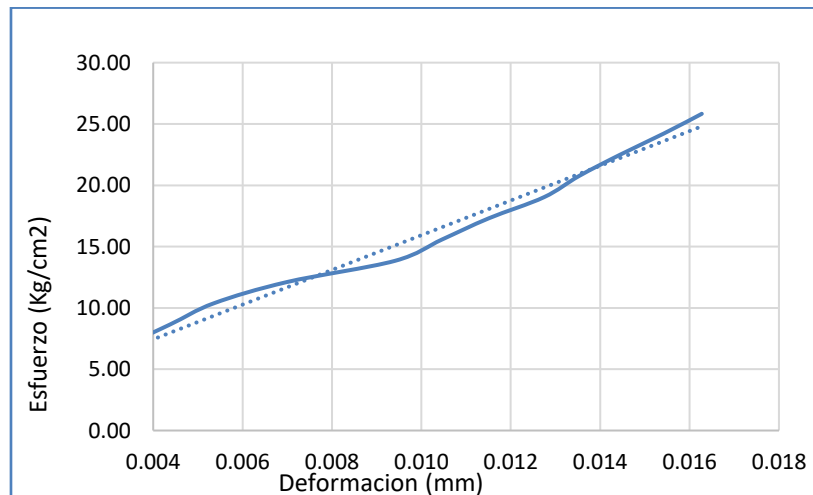
Tabla 126: Dimensiones muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia (cm <sup>2</sup> )
29.30	15.30	10.10	0.01729934

Tabla 127: Resistencia a flexión de la muestra N° 1 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación (mm)
1	100	1.73	0.1
2	200	3.46	0.19
3	300	5.19	0.31
4	400	6.92	0.51
5	500	8.65	0.67
6	600	10.38	0.82
7	700	12.11	1.07
8	800	13.84	1.44
9	900	15.57	1.6
10	1000	17.30	1.76
11	1100	19.03	1.95
12	1200	20.76	2.07
13	1300	22.49	2.21
14	1400	24.22	2.36
15	1493	25.83	2.49

Figura 124: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N° 1 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada



## Muestra N° 2

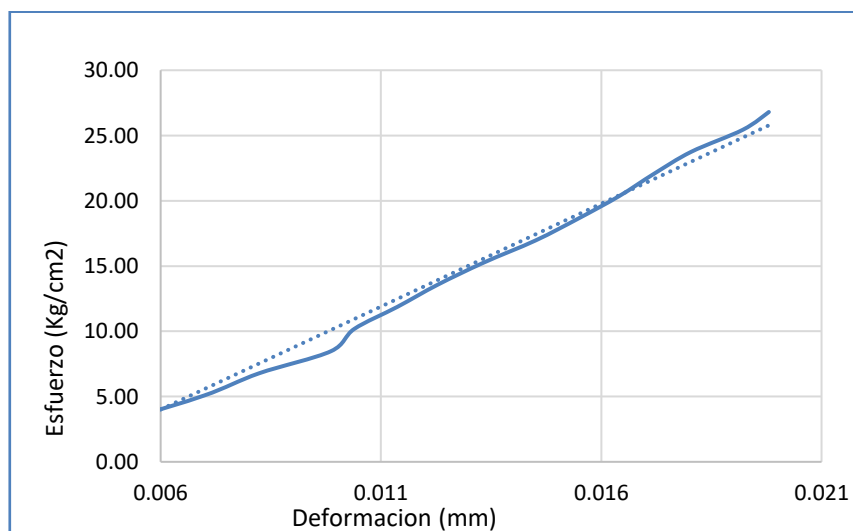
Tabla 128: Dimensiones muestra N° 2 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.30	15.30	10.20	0.0169618

Tabla 129: Resistencia a compresión de la muestra N° 2 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.70	0.45
2	200	3.39	0.81
3	300	5.09	1.07
4	400	6.78	1.26
5	500	8.48	1.51
6	600	10.18	1.59
7	700	11.87	1.74
8	800	13.57	1.88
9	900	15.27	2.04
10	1000	16.96	2.22
11	1100	18.66	2.37
12	1200	20.35	2.51
13	1300	22.05	2.63
14	1400	23.75	2.76
15	1500	25.44	2.94
16	1580	26.80	3.03

Figura 125: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°2 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada



### Muestra N° 3

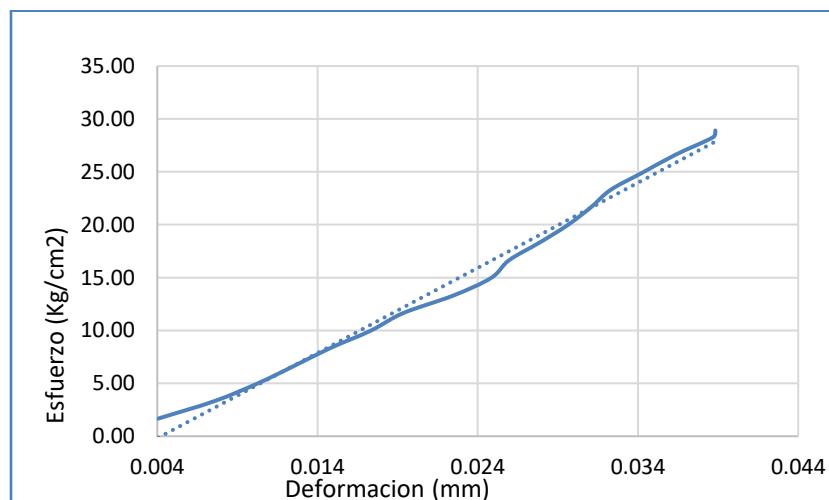
Tabla 130: Dimensiones muestra N° 3 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.30	15.30	10.30	0.01663405

Tabla 131: Resistencia a compresión de la muestra N° 3 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.66	0.62
2	200	3.33	1.16
3	300	4.99	1.57
4	400	6.65	1.92
5	500	8.32	2.26
6	600	9.98	2.65
7	700	11.64	2.96
8	800	13.31	3.44
9	900	14.97	3.8
10	1000	16.63	3.97
11	1100	18.30	4.26
12	1200	19.96	4.53
13	1300	21.62	4.75
14	1400	23.29	4.94
15	1500	24.95	5.25
16	1600	26.61	5.56
17	1700	28.28	5.92
18	1738	28.91	5.94

Figura 126: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°3 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada



**Muestra N° 4**

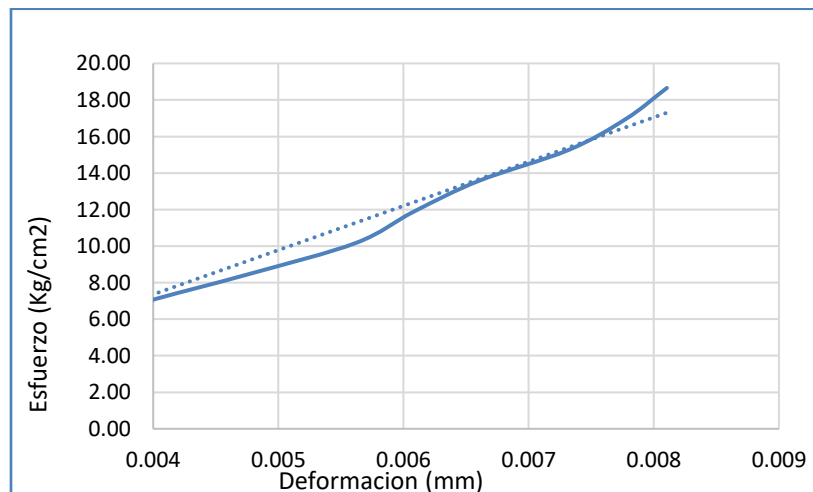
Tabla 132: Dimensiones muestra N° 4 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.20	15.30	10.20	0.0169618

Tabla 133: Resistencia a compresión de la muestra N° 4 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.70	0.18
2	200	3.39	0.36
3	300	5.09	0.48
4	400	6.78	0.59
5	500	8.48	0.73
6	600	10.18	0.86
7	700	11.87	0.93
8	800	13.57	1.01
9	900	15.27	1.12
10	1000	16.96	1.19
11	1100	18.66	1.24
12	1200	20.35	1.31
13	1300	22.05	1.53
14	1400	23.75	1.63
15	1500	25.44	1.77
16	1600	27.14	1.98
17	1700	28.84	2.19
18	1740	29.51	2.28

Figura 127: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°4 adobe compactado con reemplazo de 10% cerámica triturada





**Muestra N° 5**

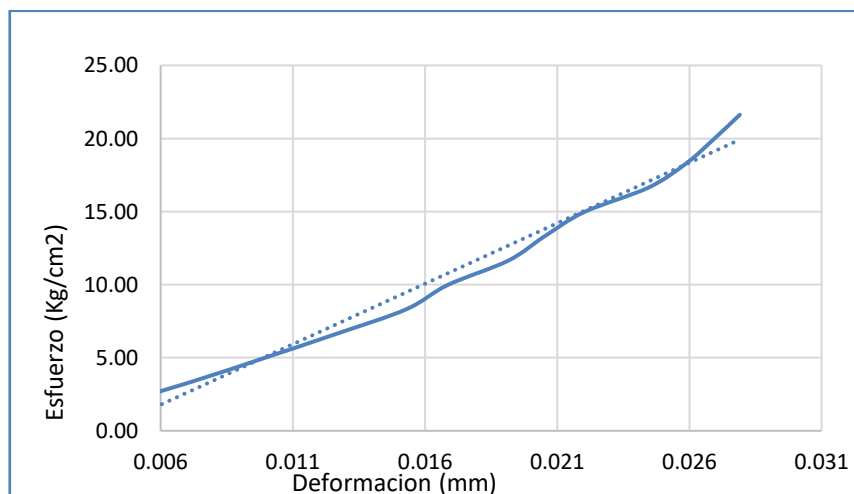
Tabla 134: Dimensiones muestra N° 5 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.30	15.30	10.30	0.01663405

Tabla 135: Resistencia a compresión de la muestra N° 5 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.66	0.62
2	200	3.33	1.09
3	300	4.99	1.52
4	400	6.65	1.94
5	500	8.32	2.34
6	600	9.98	2.58
7	700	11.64	2.93
8	800	13.31	3.14
9	900	14.97	3.37
10	1000	16.63	3.74
11	1100	18.30	3.96
12	1200	19.96	4.12
13	1300	21.62	4.27
14	1400	23.29	4.5
15	1500	24.95	4.68
16	1600	26.61	4.89
17	1700	28.28	5.08
18	1723	28.66	5.12

Figura 128: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°5 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada



**Muestra N° 6**

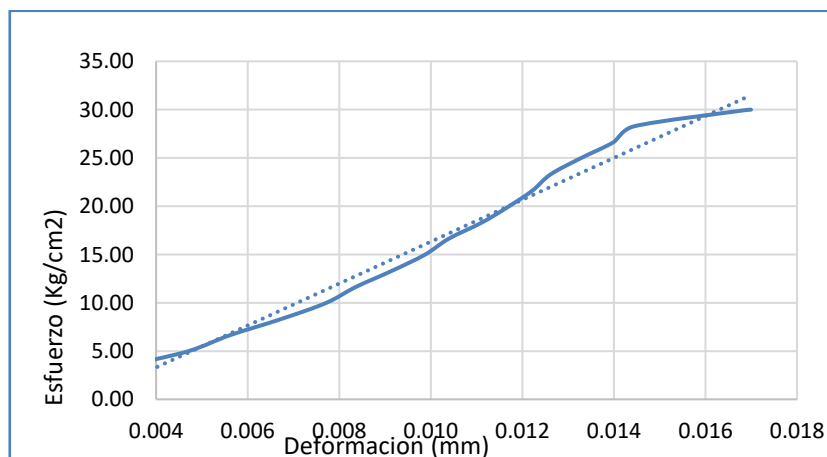
Tabla 136: Dimensiones muestra N° 6 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.20	15.30	10.30	0.01663405

Tabla 137: Resistencia a compresión de la muestra N° 6 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.66	0.44
2	200	3.33	0.51
3	300	4.99	0.72
4	400	6.65	0.86
5	500	8.32	1.03
6	600	9.98	1.18
7	700	11.64	1.28
8	800	13.31	1.4
9	900	14.97	1.51
10	1000	16.63	1.59
11	1100	18.30	1.7
12	1200	19.96	1.79
13	1300	21.62	1.87
14	1400	23.29	1.93
15	1500	24.95	2.03
16	1600	26.61	2.14
17	1700	28.28	2.21
18	1800	29.94	2.58
19	1803	29.99	2.6

Figura 129: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°6 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada



**Muestra N° 7**

Tabla 138: Dimensiones muestra N° 7 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Resistencia ( $cm^2$ )
29.30	15.30	10.00	0.01764706

Tabla 139: Resistencia a compresión de la muestra N° 7 de adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

N°	Carga (Kg)	Esfuerzo ( $kg/cm^2$ )	Deformación (mm)
1	100	1.76	0.12
2	200	3.53	0.23
3	300	5.29	0.46
4	400	7.06	0.64
5	500	8.82	0.96
6	600	10.59	1.13
7	700	12.35	1.24
8	800	14.12	1.36
9	900	15.88	1.48
10	1000	17.65	1.58
11	1100	19.41	1.67
12	1200	21.18	1.75
13	1300	22.94	1.92
14	1400	24.71	2.08
15	1500	26.47	2.2
16	1532	27.04	2.29

Figura 130: Curva esfuerzo - deformación de la muestra N°7 adobe compactado con reemplazo de 15% cerámica triturada

