

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE
COMPACTADO CON REEMPLAZO DE DESPERDICIO DE
LADRILLO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Cruzado Ruíz, Víctor Raúl

Asesor:

Ing. Fabián Sánchez Portal

Cajamarca - Perú

2018



ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor 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 de los estudiantes:

- Cruzado Ruíz, Víctor Raúl

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Resistencia compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de desperdicio de ladrillo” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al interesado 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 de los estudiantes: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*.

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.
Presidente

Ing. Alejandro Cubas Becerra
Secretario

Ing. Manuel Urteaga Toro
Vocal

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios, por permitirme llegar a esta etapa tan importante en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. Doy gracias a mis padres por apoyarme en los momentos difíciles, por sus consejos, por su aliento cada día y por darme el apoyo incondicional para poder llegar a mi meta planteada.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ayudarme cada día de mi vida como estudiante en la Universidad Privada del Norte y por darme las fuerzas para seguir adelante a pesar de las dificultades que se presentan.

A mi papá por ser un amigo para mí, un amigo que nunca me ha fallado y que siempre ha estado y estará de mi lado, brindándome consejos buenos para seguir adelante y seguir madurando cada día de mi vida.

A mis maestros, los cuales fueron de mucha ayuda para mí en mi formación profesional durante los diez ciclos como estudiante.

A mi profesor de tesis, Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por su ayuda y apoyo durante el desarrollo del curso.

De manera especial agradezco al Ing. Fabián Sánchez Portal por guiarme durante el proceso de aprendizaje y desarrollo profesional.

A una persona muy importante en mi vida mi madre, que me guiado de una manera extraordinaria durante mi carrera y en la ejecución de esta tesis.

Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	1
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	15
RESUMEN.....	16
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad problemática.....	17
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	50
2.2. Población y muestra.....	50
2.3. Materiales, instrumentos y métodos.....	51
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	54
CAPÍTULO III. RESULTADOS	62
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	72
REFERENCIAS.....	76
ANEXOS.....	81
Anexo 01: fotografías.....	81
Anexo 02: cálculos.....	98
Anexo 03: Protocolos de laboratorio.....	166

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Pérdida directa de materiales.</i>	30
<i>Tabla 2: Causas de las principales pérdidas.</i>	31
<i>Tabla 3: Comparación del porcentaje de desperdicio en muro de albañilería (Ladrillos).</i>	32
<i>Tabla 4: Sistema de clasificación basado en criterios de granulometría.</i>	37
<i>Tabla 5: Clasificación de los suelos (SUCS).</i>	40
<i>Tabla 6: Clasificación de los suelos de grano grueso.</i>	41
<i>Tabla 7: Clasificación de los suelos de grano fino.</i>	42
<i>Tabla 8: Número de golpes.</i>	44
<i>Tabla 9: Proctor Modificado.</i>	46
<i>Tabla 11: Número de cubos en la resistencia a compresión.</i>	51
<i>Tabla 12: Número de cubos en la resistencia a flexión</i>	51
<i>Tabla 14: Ruta de acceso a la cantera “Cruz Blanca”.</i>	53
<i>Tabla 13: Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.</i>	54
<i>Tabla 15: Proctor modificado.</i>	59
<i>Tabla 16: Resumen de resistencia a compresión máxima de especímenes del adobe patrón.</i>	65
<i>Tabla 17: Esfuerzo a compresión máxima promedio.</i>	65
<i>Tabla 18: Resumen de resistencia a compresión máxima de especímenes con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.</i>	66
<i>Tabla 19: Esfuerzo a compresión máxima promedio.</i>	66
<i>Tabla 20: Resumen de resistencia a compresión máxima de especímenes con adición de 10% de desperdicio de ladrillo.</i>	66
<i>Tabla 21: Esfuerzo a compresión máxima promedio.</i>	66
<i>Tabla 22: Resumen de resistencia a compresión máxima de especímenes con adición de 15% de desperdicio de ladrillo.</i>	67
<i>Tabla 23: Esfuerzo a compresión máxima promedio.</i>	67
<i>Tabla 24: Resumen general de resistencia a compresión máxima y comparación con la norma E.080.</i>	67
<i>Tabla 25: Resumen de resistencia a flexión máxima del adobe patrón.</i>	68
<i>Tabla 26: Resistencia a flexión máxima promedio.</i>	69
<i>Tabla 27: Resumen de resistencia a flexión máxima con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.</i>	69

<i>Tabla 28: Resistencia a flexión máxima promedio.</i>	69
<i>Tabla 29: Resumen de resistencia a flexión máxima con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo.</i>	69
<i>Tabla 30: Resistencia a flexión máxima promedio.</i>	69
<i>Tabla 31: Resumen de resistencia a flexión máxima con adición de 15% de desperdicio de ladrillo.</i>	70
<i>Tabla 32: Resistencia a flexión máxima promedio.</i>	70
<i>Tabla 33: Resumen de resistencia a flexión de especímenes elaborados.</i>	70
<i>Tabla 34: Determinación del contenido de humedad del suelo natural.</i>	98
<i>Tabla 35: Análisis granulométrico.</i>	98
<i>Tabla 36: Clasificación de suelos .</i>	99
<i>Tabla 37: Determinación del límite líquido.</i>	99
<i>Tabla 38: Determinación del límite plástico.</i>	100
<i>Tabla 39: Índice de plasticidad.</i>	100
<i>Tabla 40: Clasificación de suelos (SUCS).</i>	103
<i>Tabla 41: Determinación del proctor modificado para el adobe patrón.</i>	104
<i>Tabla 42: Resultados del ensayo proctor modificado patrón.</i>	104
<i>Tabla 43: Determinación del proctor modificado para el adobe patrón con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.</i>	105
<i>Tabla 44: Resultados del ensayo proctor modificado con el reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.</i>	105
<i>Tabla 45: Determinación del proctor modificado para el adobe patrón con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo.</i>	105
<i>Tabla 46: Resultados del ensayo proctor modificado con el reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo.</i>	106
<i>Tabla 47: Determinación del proctor modificado para el adobe patrón con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo.</i>	107
<i>Tabla 48: Resultados del ensayo proctor modificado con el reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo.</i>	107
<i>Tabla 49: Cantidad de tierra y ladrillo para resistencia a compresión.</i>	108
<i>Tabla 50: Cantidad de agua para resistencia a compresión.</i>	108
<i>Tabla 51: Cantidad de tierra y ladrillo para resistencia a flexión.</i>	109
<i>Tabla 52: Cantidad de agua para resistencia a flexión.</i>	109
<i>Tabla 53: Dimensiones de espécimen patrón E-01.</i>	110

<i>Tabla 54: Resistencia a compresión, adobe patrón E-01.</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 55: Dimensiones de espécimen patrón E-02.</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 56: Resistencia a compresión, adobe patrón E-02.</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 57: Dimensiones de espécimen patrón E-03.</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 58: Resistencia a compresión, adobe patrón E-03.</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 59: Dimensiones de espécimen patrón E-04.</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 60: Resistencia a compresión, adobe patrón E-04.</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 61: Dimensiones de espécimen patrón E-05.</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 62: Resistencia a compresión, adobe patrón E-05.</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 63: Dimensiones de espécimen patrón E-06.</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 64: Resistencia a compresión, adobe patrón E-06.</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 65: Dimensiones de espécimen patrón E-07.</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 66: Resistencia a compresión, adobe patrón E-07.</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 67: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-01.</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 68: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-01.</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 69: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-02.</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 70: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-02.</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 71: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-03.</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 72: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-03.</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 73: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-04.</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 74: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-04.</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 75: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-05.</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 76: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-05.</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 77: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-06.</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 78: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-06.</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 79: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-06.</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 80: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-07.</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 81: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-01.</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 82: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-01.</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 83: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-02.</i>	<i>124</i>

<i>Tabla 84: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-02.</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 85: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-03.</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 86: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-03.</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 87: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-04.</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 88: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-04.</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 89: Dimensiones de espécimen con adición de 10% de desperdicio de ladrillo E-05.....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 90: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-05.</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 91: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-06.</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 92: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-06.</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 93: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-07.</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 94: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-07.</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 95: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-01.</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 96: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-01</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 97: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-02.</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 98: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-02.</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 99: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-03.</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 100: Resistencia a compresión con adición de 15% de desperdicio de ladrillo E-03.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 101: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-04.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 102: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-04.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 103: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-05.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 104: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-05.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 105: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-06.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 106: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-06.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 107: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-07.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 108: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-07.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 109: Dimensiones de espécimen patrón F-01.</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 110: Resistencia a flexión, adobe patrón F-01.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 111: Dimensiones de espécimen patrón F-02.</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 112: Resistencia a flexión, adobe patrón F-02.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 113: Dimensiones de espécimen patrón F-03.</i>	<i>140</i>

<i>Tabla 114: Resistencia a flexión, adobe patrón F-03.</i>	140
<i>Tabla 115: Dimensiones de espécimen patrón F-04.</i>	141
<i>Tabla 116: Resistencia a flexión, adobe patrón F-04.</i>	141
<i>Tabla 117: Dimensiones de espécimen patrón F-05.</i>	142
<i>Tabla 118: Resistencia a flexión, adobe patrón F-05.</i>	142
<i>Tabla 119: Dimensiones de espécimen patrón F-06.</i>	143
<i>Tabla 120: Resistencia a flexión, adobe patrón F-06.</i>	143
<i>Tabla 121: Dimensiones de espécimen patrón F-07.</i>	144
<i>Tabla 122: Resistencia a flexión, adobe patrón F-07.</i>	144
<i>Tabla 123: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-01</i>	145
<i>Tabla 124: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-01.</i>	145
<i>Tabla 125: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-02.</i>	146
<i>Tabla 126: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-02</i>	146
<i>Tabla 127: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-03.</i>	147
<i>Tabla 128: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-03.</i>	147
<i>Tabla 129: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-04.</i>	148
<i>Tabla 130: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-04</i>	148
<i>Tabla 131: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-05.</i>	149
<i>Tabla 132: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-05.</i>	149
<i>Tabla 133: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-06.</i>	150
<i>Tabla 134: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-06.</i>	150
<i>Tabla 135: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-07.</i>	151
<i>Tabla 136: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-07.</i>	151
<i>Tabla 137: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-01.</i>	152
<i>Tabla 138: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-01.</i>	152
<i>Tabla 139: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-02.</i>	153
<i>Tabla 140: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-02.</i>	153
<i>Tabla 141: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-03.</i>	154
<i>Tabla 142: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-03.</i>	154
<i>Tabla 143: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-04.</i>	155

<i>Tabla 144: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-04.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 145: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-05.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 146: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-05.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 147: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-06.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 148: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-06.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 149: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-07.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 150: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-07.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 151: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-01.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 152: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-01.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 153: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-02.....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 154: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-02.....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 155: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-03.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 156: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-03.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 157: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-04.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 158: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-04.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 159: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-05.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 160: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-05.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 161: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-06.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 162: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-06.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 163: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-07.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 164: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-07.....</i>	<i>165</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Adobe de tierra comprimida.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2: Ladrillo King Kong artesanal.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 3: Comparación del porcentaje de desperdicio de ladrillo entre Skoyles y Cajamarca.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 4: Desperdicios de ladrillo.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 5: Carta de plasticidad.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 6: Resistencia a compresión de la unidad.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 7: Ubicación de la cantera “Cruz Blanca”.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 8: Ruta de acceso a la cantera “Cruz Blanca”.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 9: Ensayo de resistencia a compresión.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 10: Resumen general de resistencia a compresión máxima</i>	<i>68</i>
<i>Figura 11: Resumen de resistencia a flexión de especímenes elaborados.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 12: Cantera “Cruz Blanca”.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 13: Cuarteo de la muestra en el laboratorio de suelos.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 14: Cuarteo de la muestra en el laboratorio de suelos.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 15: Peso de la muestra para el contenido de humedad.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 16: Ensayo de límite líquido.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 17: Ingreso de material al horno.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 18: Copa de casa grande.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 19: Ensayo límite líquido.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 20: Retiro del material puesto a secar en el horno durante 24 horas.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 21: Obtención del peso de cada muestra del ensayo de límite líquido posterior al secado.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 22: Ensayo de granulometría por lavado.</i>	<i>86</i>
<i>Figura 23: Tamizado del material después de 24 horas de secado en el horno.</i>	<i>86</i>
<i>Figura 24: Ensayo de proctor modificado.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 25: Obtención de desperdicios de ladrillo.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 26: Trituración de los desperdicios de ladrillos.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 27: Obtención del peso del molde.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 28: Obtención del peso de la muestra húmeda del ensayo proctor modificado.</i>	<i>89</i>

<i>Figura 29: Obtención del peso de la muestra para el ensayo Proctor Modificado.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 30: Molde y Martillo compactador.</i>	<i>90</i>
<i>Figura 31: Obtención del peso de desperdicio de ladrillo.</i>	<i>90</i>
<i>Figura 32: Mezclado de la muestra con los desperdicios de ladrillo.</i>	<i>91</i>
<i>Figura 33: Adición del agua a la muestra con los desperdicios de ladrillo.</i>	<i>91</i>
<i>Figura 34: Inspección por el asesor de Tesis.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 35: Material para cada adobe.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 36: Preparación del material para la elaboración de adobe con reemplazo de desperdicio de ladrillo.</i>	<i>93</i>
<i>Figura 37: Elaboración de adobes para resistencia a flexión con la máquina compactadora CINVA RAM.</i>	<i>93</i>
<i>Figura 38: Elaboración de adobes para resistencia a compresión con la máquina compactadora CINVA RAM.</i>	<i>94</i>
<i>Figura 39: Medida de especímenes con el vernier para el ensayo a compresión y flexión.</i>	<i>94</i>
<i>Figura 40: Almacenamiento de especímenes en el laboratorio para su ensayo a compresión y flexión.</i>	<i>95</i>
<i>Figura 41: Ensayo a compresión de los adobes.</i>	<i>95</i>
<i>Figura 42: Ensayo a compresión del adobe compactado.</i>	<i>96</i>
<i>Figura 43: Ensayo a compresión de los adobes con la ayuda del encargado del laboratorio.</i>	<i>96</i>
<i>Figura 44: Eliminación del material obtenido después de los ensayos a compresión y flexión.</i>	<i>97</i>
<i>Figura 45: Curva granulométrica.</i>	<i>99</i>
<i>Figura 46: Curva granulométrica.</i>	<i>100</i>
<i>Figura 47: Carta de plasticidad.</i>	<i>102</i>
<i>Figura 48: Curva para la determinación del contenido de humedad óptimo con el reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.</i>	<i>105</i>
<i>Figura 49: Curva para la determinación del contenido de humedad óptimo con el reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 50: Curva para la determinación del contenido de humedad óptimo con el reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 51: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-01.</i>	<i>110</i>
<i>Figura 52: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-02.</i>	<i>111</i>
<i>Figura 53: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-03.</i>	<i>112</i>
<i>Figura 54: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-04.</i>	<i>113</i>

Figura 55: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-05.	114
Figura 56: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-06.	115
Figura 57: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-07.	116
Figura 58: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-01.....	117
Figura 59: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-02.....	118
Figura 60: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-03.....	119
Figura 61: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-04.....	120
Figura 62: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-05.....	121
Figura 63: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-06.....	122
Figura 64: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-07.....	123
Figura 65: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-01.....	124
Figura 66: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-02.....	125
Figura 67: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-03.....	126
Figura 68: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-04.....	127
Figura 69: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-05.....	128
Figura 70: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-06.....	129
Figura 71: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-07.....	130
Figura 72: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-01.....	131
Figura 73: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-02.....	132
Figura 74: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-03.....	133
Figura 75: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-04.....	134
Figura 76: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-05.....	135
Figura 77: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-06.....	136
Figura 78: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-07.....	137
Figura 79: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-01.	138
Figura 80: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-02.	139
Figura 81: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-03.	140
Figura 82: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-04.	141
Figura 83: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-05.	142
Figura 84: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-06.	143

<i>Figura 85: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-07.</i>	<i>144</i>
<i>Figura 86: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-01.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 87: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-02.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 88: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-03.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 89: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-04.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 90: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-05.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 91: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-06.....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 92: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-07.....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 93: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-01.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 94: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-02.....</i>	<i>153</i>
<i>Figura 95: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-03.....</i>	<i>154</i>
<i>Figura 96: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-04.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 97: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-05.....</i>	<i>156</i>
<i>Figura 98: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-06.....</i>	<i>157</i>
<i>Figura 99: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-07.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 100: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-01.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 101: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-04.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 102: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-05.....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 103: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-06.....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 104: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-07.....</i>	<i>165</i>

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Fórmula 1: Contenido de Humedad.</i>	<i>39</i>
<i>Fórmula 2: Porcentaje que pasa.</i>	<i>39</i>
<i>Fórmula 3: Índice de plasticidad.</i>	<i>43</i>
<i>Fórmula 4: Densidad húmeda.</i>	<i>45</i>
<i>Fórmula 5: Densidad húmeda.</i>	<i>45</i>
<i>Fórmula 6: Resistencia a la compresión.....</i>	<i>47</i>
<i>Fórmula 7: Resistencia a la flexión.....</i>	<i>48</i>

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de desperdicios de ladrillos en porcentajes de 5%, 10% y 15%. Primero se realizó el estudio de mecánica de suelos, lo que permitió determinar la cantidad de agua necesaria utilizada en los especímenes patrón como también en los especímenes con reemplazo de desperdicio de ladrillo para finalmente ser elaborados en la prensa CINVA RAM. La hipótesis se cumple parcialmente debido a que para los adobes con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo se obtuvo resistencias a compresión y flexión de 23.840 kg/cm² y 20.730 kg/cm² respectivamente, aumentando en más del 5% en la resistencia a compresión y flexión ya que para el adobe patrón nos da resistencias a compresión y flexión de 19.969 kg/cm² y 16.154 kg/cm superando lo establecido en la Norma E-080 (12 kg/cm). En cuanto a los adobes con reemplazo de 10% y 15% de desperdicios de ladrillo se obtuvo resistencias a compresión de 15.371 kg/cm², 12.916 kg/cm² y flexión de 11.569 kg/cm², 8.975 kg/cm² respectivamente, lo cual nos indica que no cumple con la hipótesis planteada.

Palabras clave: Compresión, flexión y Proctor.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Chávez (2016) determinó los porcentajes de desperdicios ocasionados en la construcción de muros de albañilería en Cajamarca es de 1.95%, eso nos indica que se desperdicia una gran cantidad de ladrillos y los cuales pueden ser reutilizados de diferentes maneras.

Las construcciones más recientes de adobe han sido causa de numerosas pérdidas de vidas, porque no ofrecen una seguridad permanente ante los movimientos sísmicos. Esto se debe a que la técnica tradicional de construcción con adobe, se han perdido y se la utiliza en forma empírica y sin asistencia técnica (Morales, Cabrejos, Rengifo y Candiotti 1993).

Lamentablemente, la mayoría de las casas que usan este material de forma tradicional no está preparada para resistir sismos. Los sismos destruyen con más facilidad las construcciones de adobe, causan muertes y lesiones a muchas personas. Estas tragedias pueden ser evitadas mediante la construcción de casas de adobe compactado que será más resistente a la compresión y a la flexión (Blondet, Vargas, Torrealva y Rubiños 2010).

La construcción con tierra es poco usada en la actualidad debido a la falta de difusión e investigación, ya que es relacionada con la pobreza; por ende; se desaprovechan muchas de sus ventajas, como la abundancia de materia prima, la localización, la disponibilidad, el reciclaje, la producción sin consumo de energía (calorífica), el bajo costo y la renitencia (Arteaga, Medina y Gutiérrez 2011).

En el último Censo Nacional de Población y Vivienda publicada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2007) concluye que en Cajamarca existen 249 mil 578 viviendas de adobe convencional o tapial que equivale a un 76,7%;

asimismo, 46 mil 810 viviendas tienen como material predominante ladrillo, lo que representa el 14,4%. En menores proporciones las viviendas tienen como material en las paredes exteriores, quincha (3,8%), piedra con barro (3,1%), madera (1,6%), y estera (0,1%) por lo tanto nos indica que la mayor parte de viviendas están construidas con adobe los cuales presentan problemas de resistencia a compresión y flexión. En esta investigación se evaluará los especímenes que tengan un mejor comportamiento en referencia a la resistencia mínima establecida en la norma E.080 (12Kg/cm²) y puedan ser utilizados en la ciudad de Cajamarca.

En antecedentes internacionales Caballero, Silva y Montes (2010) determinaron las dimensiones y concentraciones de fibras de bagazo de Agave Angustifolia Haw en el adobe compactado con la finalidad de incrementar su resistencia a flexión (5.70 kg/cm²) y compresión (69.87 kg/cm²). Para determinar el incremento de la resistencia se realizó pruebas con adobes compactados hechos con suelo sin fibra y fue incorporada fibra con longitudes de 10, 15, 20 y 25 mm, con concentraciones de 0,25, 0.50, 0.75, y 1% con respecto al peso del adobe, manteniendo constante el porcentaje al peso del adobe, manteniendo constante el porcentaje de humedad. Al incorporar al adobe compactado fibra con longitud de 25 mm y concentración de 1%, se incrementó la resistencia a compresión en 24.12%. En resistencia a flexión hubo un incremento de 7.86% con fibra de 25 mm de longitud y concentración de 0.75%.

Ríos (2010) evaluó el efecto de ácidos grasos emulsificados (Jabón) y de un polímero (látex natural) en la resistencia a la flexión, compresión y absorción de agua en adobes compactados elaborados con suelo arenoso. El experimento se desarrolló en dos fases: En la primera adicionó ácidos grasos emulsionados en dos niveles (0.5 y 1.0%) y el polímero en tres niveles (1.0, 2.0, 3.0%) en relación a la masa seca del suelo utilizado. En la segunda fase utilizó los mismos porcentajes de jabón y látex, pero adicionó 10%

de cemento. Los resultados obtenidos de la primera fase muestran que la adición de 1% de jabón en combinación con 2.0 y 3.0% de látex aumentaron la resistencia a la flexión, compresión y redujeron la absorción de agua con respecto al espécimen de referencia.

Además, comprobó que la adición de ácidos grasos emulsificados cumple la función de retardante de la plastificación del látex. Por lo tanto, se dispone de un mayor tiempo de mezclado y como consecuencia una mejor integración de los componentes, logrando mejorar las propiedades evaluadas en el material. Sin embargo, los resultados de la segunda fase indican que la adición de los ácidos grasos tuvo un efecto negativo provocando la disminución en las resistencias a la flexión y compresión; no obstante, en la prueba de absorción el efecto fue positivo reduciéndola de 16% a 9%.

La combinación de los ácidos grasos emulsificados y el látex provocó una disminución más marcada en la resistencia mecánica de los especímenes elaborados con estas mezclas. Esto ocurrió debido a que dicha combinación inhibió la hidratación del cemento.

En antecedentes nacionales y locales Bolaños (2016) evaluó la resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna, para ello realizó el estudio de suelos para caracterizar los materiales y elaborar bloques de adobe compactado, también nos menciona que la tierra utilizada para la elaboración de las unidades fue extraída de la cantera “Shaullo Chico”, donde inicialmente realizó el análisis granulométrico y los límites de consistencia para clasificar los suelos y ver si cumple con los requisitos que exige la N.T.P E-080, luego a través de ensayos de Proctor modificado permitió determinar la cantidad de agua necesaria utilizada en los bloques de tierra de la muestra patrón elaborados sin goma de tuna y en los bloques de tierra con porcentaje de 5%, 10% y 15% con goma de tuna, estos adobes fueron

elaborados a través de la maquina CINVA RAM, disponible en la Universidad Privada del Norte Cajamarca.

Los resultados obtenidos del ensayo a compresión, en mitades, nos indican que todos los adobes superan la resistencia mínima que indica la norma técnica de edificaciones E.080. Los resultados de la muestra patrón y con goma de tuna de 5%, 10% y 15% presentan valores de 19.19 kg/cm², 21.90 kg/cm², 25.27 kg/cm² y 27.56 kg/cm² respectivamente, siendo el adobe con mejor resistencia a la compresión el de 15% con goma de tuna.

Para el ensayo a flexión y absorción la norma técnica de edificaciones E.080, no especifica parámetros, para ello se realizó teniendo en cuenta la norma ASTM-C67, donde se obtuvieron resultados para la muestra patrón de 4.77 kg/cm² y para los porcentajes de 5%, 10% y 15% presentaron valores de 6.47kg/cm², 6.81 kg/cm² y 6.11 kg/cm² respectivamente, siendo el adobe con mejor resistencia a la flexión el de 10% con goma de tuna. El ensayo de absorción de las muestras patrón y la muestra de 15% de goma de tuna no se resistieron la prueba, en cambio con los porcentajes de 5% y 10% se obtuvo una absorción de 12.68% y 14.62%.

Carhuanambo (2016) evaluó la adición de la viruta y aserrín de eucalipto en porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% en las propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con la finalidad de diagnosticar sus ventajas o desventajas en la elaboración de éstos.

También planteó la hipótesis de que la adición de viruta y aserrín de Eucalipto, en porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5%, en el adobe compactado, mejoraba sus propiedades mecánicas, en resistencia a compresión hasta en 5%, en resistencia a flexión hasta en un 10%, y mantiene su propiedad física de resistencia a la absorción de agua, luego

nos menciona que se elaboraron un total de 140 adobes compactados con los diversos porcentajes de adición de fibra vegetal: viruta y aserrín, de los cuales se ensayaron 56 unidades a compresión (en mitades), 42 unidades a flexión y 42 por absorción de agua. Los resultados mostraron que la adición de viruta de Eucalipto para los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5%, obtuvieron una resistencia a compresión de 28.04 kg/cm², 29.79 kg/cm² y 30.94 kg/cm² respectivamente, la adición de aserrín de Eucalipto para los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5%, obtuvieron una resistencia a compresión de 21.01kg/cm², 18.53kg/cm² y 13.64 kg/cm², respectivamente. En cuanto a la resistencia a flexión con adición de viruta de Eucalipto para los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5%, se obtuvo una resistencia de 20.67kg/cm², 19.38 kg/cm² y 23.34 kg/cm² respectivamente. Y para la adición de aserrín de Eucalipto con los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5%, se logró una resistencia a flexión de 18.06 kg/cm², 9.81 kg/cm² y 12.48 kg/cm² respectivamente.

Finalmente nos menciona que para la propiedad física de absorción de agua de los adobes con adición de viruta de Eucalipto con los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% obtuvieron como resultado 19.36%, 20.15% y 20.95% respectivamente. Sin embargo, los adobes con adición de aserrín de Eucalipto con los porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% lograron como resultado 16.99%, 17.75% y 18.35% respectivamente.

Álvarez (2016) presenta resultados sobre las características estructurales de viviendas de adobe en el C.P. La Huaraclla. Además, se cuantificaron los principales factores propios o externos a las viviendas, que pueden afectar negativamente su comportamiento sísmico. Luego determinó para estas viviendas su vulnerabilidad sísmica.

Para esto se analizó las características técnicas, así como los errores en el diseño arquitectónico, problemas constructivos y estructurales de viviendas construidas con

unidades de adobe. La mayoría de las viviendas de adobe del Centro Poblado (en adelante C.P.) La Huaracalla, son deficientes en el diseño estructural, arquitectónico y se construyen con materiales de baja calidad. Además, estas viviendas son construidas generalmente por los mismos pobladores de la zona, sin asesoramiento técnico en el diseño, ni en la construcción, finalmente con la información obtenida nos muestra los principales defectos encontrados en las viviendas seleccionadas.

Soto (2016) se basó fundamentalmente en clasificar tres tipos de suelo de diferentes distritos de Cajamarca los cuales sean aptos para la elaboración de adobes compactados, donde dosificó tres tipos de suelo en diferentes niveles de incorporación de bentonita sódica (8, 12 y 16%); para luego evaluar sus efectos en la resistencia a la compresión y flexión y comparar los resultados, con los de un adobe compactado sin incorporación y también ser comparados con la resistencia mínima a compresión indicada por la norma E.080 (12 kg/cm^2). Obtuvo resultados satisfactorios independientemente para cada tipo de suelo, la incorporación de bentonita sódica, en porcentajes de 8, 12 y 16 % en el adobe compactado, mejora sus propiedades mecánicas, en resistencia a compresión a más del 20% con respecto al valor encontrado para la muestra patrón (sin adición) y el valor mínimo de resistencia a compresión que indica la norma E.080, en resistencia a flexión los resultados dieron mayor al 10% con respecto a la muestra patrón. Independientemente de cada tipo de suelo y con incorporación de bentonita sódica, se alcanzaron valores de resistencia a la compresión, llegando hasta, 42.18 kg/cm^2 , con 16% de incorporación de bentonita sódica, los cuales se aproximan a un bloque de clase P (bloque portante 50 kg/cm^2), de acuerdo a la norma E. 070 – Albañilería.

El adobe es el producto de la mezcla de arena, arcilla y fibras. Por su origen, se dispone en la mayor parte del planeta, y no se requiere una gran cantidad de energía para su

producción, también este material ha sido utilizado como material de construcción milenario y sigue siendo usado en algunos países, independientemente de su resistencia mecánica limitada, su alta absorción de agua y de la escasa legislación vigente en la mayoría de los países respecto a dicho material (Goodhew, 2005)

Es el ladrillo sin cocer, deshidratado al sol. Para prestarle mayor consistencia se le suelen añadir estiércol y fibras vegetales. Adobe se llama también, en general, a la tierra arcillosa que se moldea a mano y que, para su mejor protección, debe dotarse de un estabilizador y un impermeabilizante. Sólo es aconsejable en zonas de clima seco, ya que resulta menos homogéneo que la tierra apisonada. El adobe presenta muchas ventajas. La principal es su flexibilidad y facilidad de manejo. Estas cualidades lo convierten en un material idóneo para bóvedas, cúpulas, huecos y muros circulares. Las construcciones con este material tienen pronto acabado. Esto posibilita la aplicación rápida de los revoques que son absolutamente necesarios para evitar alteraciones del soporte. No obstante, hay que tener en cuenta que los muros de adobe son sumamente frágiles a la acción de los agentes atmosféricos, en un buen soporte mural siempre que no le afecte la humedad (Morales, 1998).

Masa de barro con un contenido de agua elevado, frecuentemente mezclado con fibras vegetales en moldes de forma prismática, de tamaño variable y secado al sol para formar muros de fábrica. Son conocidos como adobes en castellano y portugués, “briques cruces” en francés o “mud bricks” en inglés. En países como Portugal fue el sistema constructivo predominante durante la primera mitad del siglo XX, actualmente es aún significativo el legado patrimonial existente (alrededor de un 30% de las construcciones existentes). El proceso de fabricación consta principalmente de una primera fase de mezclado de tierra idónea seguido de un moldeado y una fase final de secado (Cid, 2012).

En ocasiones el moldado se realizaba de manera inmediata, pero en otras se realizaba durante varios días por lo que es imprescindible añadir agua a la mezcla convenientemente de forma que se garantice su correcta plasticidad. El molde utilizado recibe el nombre de gradilla o adobera y puede ser simple o múltiple. Dependiendo de si el molde es de madera o acero, puede mejorarse el proceso de desmoldar los adobes aplicando previamente agua o arena en los moldes de madera o aceite en los de acero (Cid, 2012).

Los adobes se dejan secar al sol, en la población en que se han desmoldado. Pasados 2 o tres días son volteados sobre el canto lateral para permitir el secado uniforme de la pieza durante aproximadamente entre 7 y 15 días dependiendo de la estación del año y las condiciones climáticas del momento. En función del grado de humedad ambiental variará el tiempo de secado. Durante el secado, los adobes deben protegerse de la incidencia directa del viento y el agua. Una vez secados, los adobes pueden ser almacenados en pilas de hasta 1,5 metros de altura y deben permanecer bajo cubierto. (Cid, 2012).

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. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados. El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.

El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad (Reglamento Nacional de Edificaciones E-080, 2006).

Los adobes podrán ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros con ángulos diferentes de 90°, de formas especiales.

Sus dimensiones deberán ajustarse a las siguientes proporciones (Reglamento Nacional de Edificaciones E-080, 2006)

- a) Para adobes rectangulares el largo sea aproximadamente el doble del ancho.
- b) La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1.
- c) En lo posible la altura debe ser mayor a 8 cm.

El adobe se elabora con barro, mide 35x25x10 cm y pesa, en promedio, 14 kg. El material debe tener mayor porcentaje de arena que de arcilla. Estos ladrillos, en su comienzo, eran confeccionados a mano, y luego se utilizaban moldes, con las dimensiones mencionadas, para lograr una mayor producción. La tierra debe permanecer húmeda durante dos días, para fermentar la tierra y lograr que los aglomerantes actúen. Para elaborar el ladrillo, el barro se arroja dentro del molde humedecido, para luego comprimirlo con la mano o los pies, repartiendo uniformemente el material; posteriormente se enrasa la superficie, y se desmolda cuidadosamente para que las aristas permanezcan en buen estado (Arteaga, et. al., 2011).

En el caso del adobe estabilizado el material estabilizador disminuye el problema técnico fundamental que presenta el adobe simple, es, su baja resistencia a la humedad. Estabilizar el suelo es modificar las propiedades de un sistema tierra-agua-aire para que se obtengan propiedades que le hagan compatible con su aplicación. En la estabilización intervienen numerosos parámetros, por lo que es necesario tener un reconocimiento de factores tales como las propiedades del suelo que se quieren estabilizar, las propiedades finales que se requieren, la economía del proyecto, las

técnicas para utilizar el suelo seleccionado en el proyecto, así como el sistema constructivo y el costo de conservación (Rodríguez, 2003).

Un adobe totalmente estabilizado debe limitar las proporciones de agua que asimila al 4% de su peso, requiriendo para ello la incorporación de un aditivo que fluctúe entre el 6 y el 12% de su peso total, no requiere del uso de algún tipo de recubrimiento, sin embargo, su principal desventaja es que la mayoría de las veces los usuarios de este tipo de material requieren recubrir paredes con algún material impermeabilizado, lo que incrementa sustancialmente el costo de la obra (Jahn, 2000).

El adobe compactado, son piezas prismáticas de tierra que se fabrican con moldes. Sin embargo, la principal característica del adobe compactado es que la tierra es comprimida dentro del molde, aumentando su compacidad y así, su resistencia mecánica. La mezcla suele llevar estabilizantes como cal o cemento. Suelen ser más pequeños que el adobe, pero el sistema de construcción posterior es idéntico, también para que la compactación sea óptima, obliga que la tierra carezca de áridos superiores a 20 mm y debe contener finos y limos en proporciones suficientes. Además, la capa vegetal del suelo, que no es aconsejable para la construcción con tierra en general, es especialmente intolerable en los BTC, ya que su descomposición dejaría huecos que no deberían existir (Carcedo, 2012).

La compactación en el adobe es una alternativa en la que se aprovecha las ventajas del adobe tradicional y minimizan sus desventajas, ya que al mezclar adecuadamente los ingredientes del adobe tradicional y luego a esto agregarle una fuerza de compactación con una prensa se obtiene un material más homogéneo. El efecto que la compactación produce, se refleja en un aumento en la densidad del adobe, incrementando su resistencia mecánica. (Riego, 2011).

La gran diferencia con el tapial y el Bloque de Tierra Comprimida (BTC) es la cantidad de agua necesaria en el proceso de fabricación. Esta elevada cantidad de agua que se evapora en su proceso de secado requiere de la presencia de fibras vegetales que evite las fisuraciones por retracción. En el tapial y el BTC, dado que las tierras tienen menor presencia de arcillas y mayor contenido de limos y arenas, sumado a una presencia menor de humedad, hacen normalmente innecesaria la adición de fibras. En las gráficas adjuntas se pueden identificar las variables de caracterización de las tierras (Bestraten, Hormías y Altemir, 2011).

El adobe compactado se obtiene a partir de la mezcla de tierra (82.75%), arena (6,20%) y cemento (11,03%), para luego ser compactada. El material debe ser cernido previamente al mezclado y estabilizado. La máquina utilizada para la compactación es conocida como prensa o bloquera; la más conocida es la CINVA RAM, que tiene una caja metálica de 16 cm de alto, 29 cm de largo y 14 cm de ancho. Se compone también de una barra metálica o palanca, la cual es accionada por un operador humano. Para realizar un bloque se debe preparar el material, abrir la caja e introducir la tierra estabilizada. La caja es cerrada para poner la barra metálica, se aplica la presión necesaria hasta que la barra baja. Posteriormente el bloque es sacado del molde y trasladado para el curado o secado, en el que puede durar de dos días a una semana, dependiendo del contenido de humedad que presente el bloque luego de la compactación. Las dimensiones de los bloques son 9.5 x 14 x 29 cm.

Los bloques presentan diversas características según su elaboración, ya que la máquina facilita el empleo de moldes; pueden ser perforados, lo cual los hace más ligeros, teniendo la posibilidad de reforzarlos; también pueden presentar curvaturas, para ser utilizados estructural y arquitectónicamente (Arteaga, et. al., 2011).

Producto obtenido por compresión “estática” de tierra húmeda mediante el prensado de un molde, y que puede contener estabilizantes o aditivos (cal o cemento) para alcanzar ciertas propiedades. En países como Brasil o Argentina al bloque de tierra comprimida se le denomina bloque suelo cemento (Cid, 2012).

Para el prensado la operación principal en el proceso de fabricación de bloques de tierra comprimida, sin embargo, la calidad final del bloque dependerá en gran medida del resto de las fases. El rendimiento productivo viene determinado principalmente por la velocidad de trabajo de la prensa.

Figura 1. Adobe de tierra comprimida.



Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo. Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima (Reglamento Nacional de Edificaciones E-070, 2006).

Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial. Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad

volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días (Reglamento Nacional de Edificaciones E-070, 2006).

Los materiales utilizados en la fabricación de ladrillos son por lo general arcillas amarillas o rojas de composición heterogénea o relativamente impura (casi siempre secundarias). Las arcillas usadas en la mezcla deben ser plásticas al mezclarse con agua, de modo tal que puedan ser formadas en moldes o por el dado de las máquinas extrusoras que moldean y dan la forma definitiva a las unidades de arcilla (Barranzuela, 2014).

Figura 2: Ladrillo King Kong artesanal.



Galarza (2016) menciona que este caso también hay consenso sobre las posibles causas de desperdicio de materiales, por un lado, se encuentran las deficientes condiciones de recepción y almacenamiento y por el otro el corte de las unidades de ladrillo para obtener medios o un tercio de pieza debido a la poca o nula modulación de los muros de albañilería.

Skoyles (2008) realizó una investigación realizada en el Reino Unido fue impulsada por el Building Research Establishment (BRE) así como por el Chartered Institute of Building (CIOB), abarcó el estudio de 21 materiales en un total de 114 obras y es

considerado uno de los primeros y más ambiciosos intentos por medir las verdaderas cantidades de desperdicios que se producen en las construcciones civiles. Mediante el uso de esta metodología Skoyles logró obtener el índice de pérdidas directas en obras de construcción civil en la cual nos muestra las pérdidas de ladrillos corrientes, ladrillos cara vista y ladrillos estructurales macizos que será de vital importancia para esta investigación dado que necesitamos saber los desperdicios de ladrillos en obra, ver tabla 1: Pérdida directa de materiales

Tabla 1: Pérdida directa de materiales.

MATERIAL	N° De Obras	Rango de resultados	Índice de pérdidas directas (%)	
			Promedio	Usual
Concreto en infra-estructura	12	3-18	8	2.5
Concreto en superestructura	3	-	2	2.5
Acero	1	-	5	2.5
Ladrillos corrientes	68	1-20	8	4.0
Ladrillos cara vista	62	1-22	12	5.0
Ladrillos estructurales macizos	3	9-11	10	2.5
Bloques de concreto	1	-	7	5.0
Tejas	1	-	10	2.5
Madera (Tablas)	3	2-7	15	5.0
Madera (Planchas)	2	1-4	15	5.0
Mortero (Paredes)	4	-	5	5.0
Mortero (Techos)	4	-	3	5.0
Cerámica (Paredes)	1	-	3	2.5
Cerámica (Pisos)	1	-	3	2.5
Tubería de cobre	9	-	7	2.5
Tubería de PVC	1	-	3	2.5
Conexiones de cobre	7	-	3	-
Placas de vidrio	3	-	9	5.0
Ventanas prefabricadas	2	-	16	-

Fuente: Galarza, 2011.

Soibelman (1993) realizó el estudio de cinco obras la para lo cual se planteó tres objetivos principales: determinar los índices de pérdidas de los materiales más

comunes en las construcciones, analizar las causas de éstas pérdidas y sugerir medidas para poder reducirlas.

A diferencia de otros trabajos, en éste se tuvo a gente dedicada tiempo completo a la obra, su misión fue realizar un constante seguimiento de los materiales estudiados para determinar sus flujos dentro de la obra y así identificar las causas de los desperdicios. Además, gracias al seguimiento detallado de la obra se logró determinar las principales causas de éstas pérdidas, las cuales fueron resumidas en el siguiente cuadro:

Tabla 2: Causas de las principales pérdidas.

	Diferencias entre la cantidad entregada y la solicitada
CONCRETO PREMEZCLADO	Uso de equipos en mal estado
	Errores de cubicaje
	Dimensiones mayores a las proyectadas
MORTERO	Uso excesivo de mortero para reparar irregularidades (el consumo fue 89% mayor)
	Presencia de sobrantes diarios, los cuales debían ser eliminados
LADRILLOS	Malas condiciones en el recibo y almacenamiento de los ladrillos
	Modulación nula, lo que trae como consecuencia la necesidad de cortar las unidades.
CEMENTO	Valen las mismas observaciones que para el mortero respecto al uso excesivo
	Rotura de bolsas en el momento de recibir el material
ARENA	Almacenamiento inadecuado del material
	Inexistencia de contenciones laterales para evitar dispersión de material
	Manipulación excesiva antes de su uso final

Fuente: Soibelman, 2011

Chávez (2016) determinó que el porcentaje de desperdicios en la construcción para la ciudad de Cajamarca es: en ladrillos es de 1.95%, mortero de 1.61%, concreto 1.28% y madera 21%, por lo tanto, se deberá tener un mayor control en el encofrado. También realizó una comparación entre los desperdicios de materiales en la construcción en la

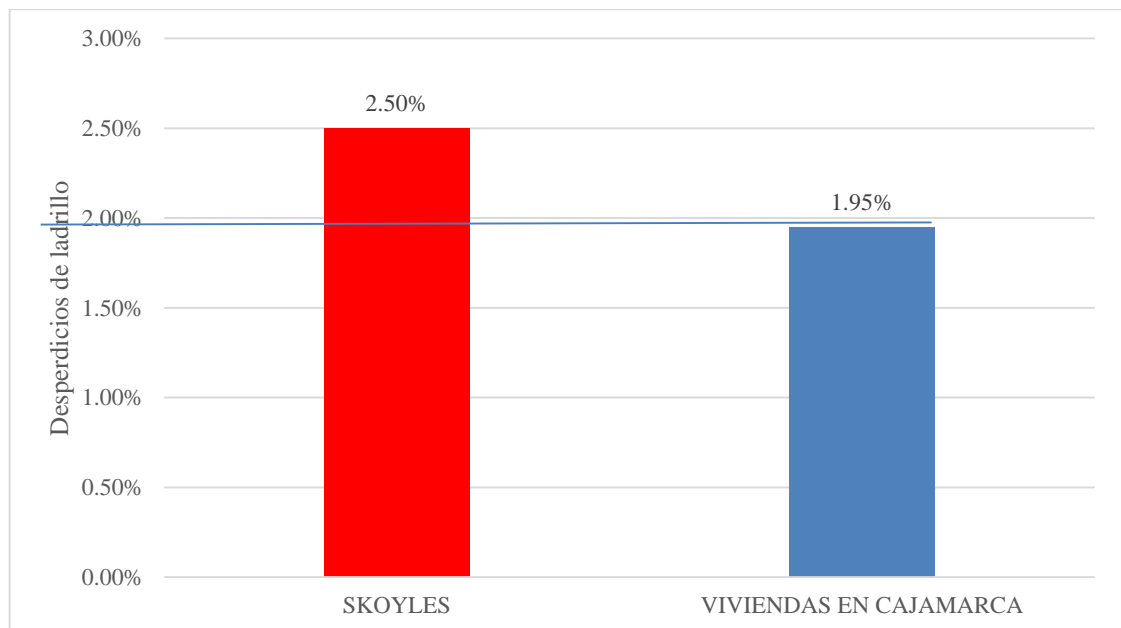
ciudad de Cajamarca de tres viviendas y los datos obtenidos por Skoyles, cabe recalcar que es posible controlar los niveles de desperdicio en obras minimizando así el impacto que pueden llegar a tener en el medio que las rodea.

Tabla 3: Comparación del porcentaje de desperdicio en muro de albañilería (Ladrillos).

COMPARACIÓN ÍNDICE DE DESPERDICIOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (LADRILLO)				
VALOR PROMEDIO ÍNDICE DE PERDIDAS SEGÚN SKOYLES (%)	VIVIENDA N° 01	VIVIENDA N° 02	VIVIENDA N° 03	PROMEDIO
2.50%	1.64%	2.69%	1.51%	1.95%

Fuente: Chávez, 2016.

Figura 3: Comparación del porcentaje de desperdicio de ladrillo entre Skoyles y Cajamarca.



Fuente: Chávez, 2016.

Figura 4: Desperdicios de ladrillo.



La tierra es un material que predomina en cualquier lugar; en la actualidad, su utilización se ha incrementado, debido a la conciencia ecológica, bajo costo y por ser un material reciclable y adaptable a las condiciones climáticas en donde se encuentre. Al adicionarle algún agregado, el material es moldeado para que tenga las características que se desean. La tecnificación de esta modalidad da a conocer el resurgimiento de la ingeniería y arquitectura con tierra. El suelo ideal para la construcción es aquel que tenga bajo contenido de material orgánico y de arcilla expansiva, ya que con la absorción y secado del agua la arcilla expansiva altera su volumen y no lo recupera (Arteaga, et. al., 2011).

La tierra es el principal componente de los bloques de tierra comprimida (BTC). Es el elemento que da cuerpo y solidez al bloque. Está compuesta básicamente por áridos, limos y arcilla, sin embargo, la arcilla será estudiada en un apartado diferente a éste.

Los áridos y los limos conforman el esqueleto resistente que soportan las cargas y

evitan la fisuración. La variedad en su granulometría le confiere distintas propiedades, dependiendo de la cantidad de gruesos, finos y limos. Es fácilmente extraíble, simplemente recogiendo del suelo. De todos modos, no todos los suelos son igual de aptos para formar productos de construcción basados en la tierra. Se deben desechar la capa superficial que contiene elementos orgánicos. A partir de unos 30 centímetros de profundidad suele ser tierra apta para bloques (Carcedo, 2012).

La granulometría del árido de la tierra también es importante a la hora de elegir suelo. La combinación óptima de la misma según varias fuentes [23] es generalmente un contenido de 10-25% de limos, 40-70% de arena y la regla general es no incluir grava. Si la mezcla tiene un exceso de arena se disgregará y no tendrá cohesión para resistir esfuerzos, mientras que, si tiene escasez, tampoco soportará cargas debido a su falta de cuerpo. La plasticidad también es importante ya que debe estar moldeable en presencia de agua, pero sin disgregarse cuando ésta desaparezca. La plasticidad depende en gran medida de la arcilla que incorpore el suelo, pero se podría decir que el índice de plasticidad debería ser entre 16 y 28 y límite líquido entre 32 y 46 [23], en referencia a los ensayos según normativa. Si la mezcla es muy fluida perderá resistencia mecánica, mientras que si es muy seca no será maleable y no obtendrá la cohesión necesaria (Carcedo, 2012).

El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: Las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea (Crespo, 2000).

Un limo con suficiente contenido de materia orgánica como para influenciar las propiedades del suelo. Con propósitos de clasificación, un limo orgánico es un suelo que podría ser clasificado como un limo, excepto que el valor de su límite líquido después del secado al horno es menor que el 75% del valor de su límite líquido antes del secado (Norma Técnica Peruana 339.134, 1999).

Suelo que pasa la malla estándar N° 200 (75- μ m) y puede exhibir plasticidad (propiedades plásticas) dentro de un cierto rango de contenido de humedad y que tiene una considerable resistencia cuando está en seco. Con propósito de clasificación, una arcilla es un suelo de grano fino o la porción de grano fino de un suelo, con índice plástico igual o mayor que 4 y su ubicación dentro de un gráfico de índice plástico versus límite líquido cae en o sobre la línea “A” (Norma Técnica Peruana 339.134, 1999).

La arcilla es una roca sedimentaria constituyente esencial de gran parte de los suelos y sedimentos debido a que son, en su mayor parte, productos finales de la meteorización de los silicatos que, formados a mayores presiones y temperaturas, se hidrolizan. Desde el punto de vista mineralógico, el grupo de minerales que engloba, filosilicatos en su mayor parte, cuyas propiedades físico-químicas dependen de su estructura y de su tamaño de grano, muy fino (inferior a 0,002 mm) [26]. Debido a esta finura se les consideran coloides. Está constituida por agregados de silicatos aluminicos hidratados, procedentes de la descomposición de minerales de aluminio, y su fórmula química es: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$. 24 Presentan, por una parte, un valor elevado del área superficial y una gran cantidad de superficie activa, con enlaces no saturados. Por ello pueden interactuar con diversas sustancias, en especial compuestos polares, como el agua, por lo que tienen comportamiento plástico en

mezclas con ella con elevada proporción de material sólido en líquido hasta siendo capaces en algunos casos de hincharse en su presencia (Carcedo, 2012).

La arcilla es una sustancia mineral terrosa compuesta de hidrosilicato de alúmina que se hace plástica cuando se humedece y dura cuando se calcina. Esta sustancia es la materia prima fundamental para la elaboración de cerámicos refractarios debido a la alta temperatura de cocción que exhibe y su capacidad de no perder solidez. Las propiedades de las arcillas derivan, principalmente, de su extremadamente pequeño tamaño de partículas (inferior a 2 μm), su morfología laminar (filosilicatos) y las sustituciones isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar (Tufiño, etc. al., 2008)

Las sustituciones isométricas, que dan lugar a aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar. Como consecuencia de estos factores, presentan, por una parte, un valor elevado de área superficial y a la vez, presencia de una gran cantidad de superficie activa, con enlaces no saturados (Ríos, 2010).

Esta propiedad se debe, como se ha comentado antes, a que el agua envuelve las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas. No obstante, no todas las arcillas se comportan de la misma manera. Esta situación es demostrable gracias a los límites de Atterberg: la relación existente entre el límite líquido y el índice de plasticidad ofrece una gran información sobre la composición granulométrica, comportamiento, naturaleza y calidad de la arcilla. Esta variación de las propiedades se debe a la diferencia en el tamaño de partícula y la perfección del cristal. En general,

cuantas más pequeñas son las partículas y más imperfecta su estructura, más plástica es la arcilla (Carcedo, 2012).

Tabla 4: Sistema de clasificación basado en criterios de granulometría.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	TAMAÑO mm
Piedra	-	Mayor a 70mm
	Gruesa	30 a 70
Grava	Media	5 a 30
	Fina	2 a 5
	Gruesa	1 a 2
Arena	Media	0.2 a 1
	Fina	0.1 a 0.2
Limo	Gruesa	0.006 a 0.02
	Fina	0.002 a 0.006
Arcilla	Gruesa	0.0006 a 0.002
	Fina	0.0002 a 0.0006
Ultra Arcilla	-	0.00002 a 0.0002

Fuente: Soibelman, 2011.

La prensa CINVA-RAM es una máquina sencilla, portátil, de bajo costo, para hacer bloques para construcción y baldosines completamente de acero, tiene una caja molde en la cual un pistón operado a mano, comprime una mezcla de tierra ligeramente húmeda, fue desarrollada como una herramienta para programas de auto-ayuda, o para usarla en pequeñas construcciones individuales, fue diseñada por Raúl Ramírez, un ingeniero, en el centro de habitación Inter-Americano(CINVA), de la organización de Estados Americanos en Bogotá Colombia (Voluntarios en Asistencia Técnica. Inc., 1977).

Ventajas:

Los bloques y baldosines CINVA-RAM tienen muchas ventajas sobre otros materiales de construcción.

Son más fáciles de hacer que los bloques de concreto: pueden ser sacados de la prensa inmediatamente y amontonados para su proceso de curación sin necesidad de usar una paleta.

El costo del material para construcción es grandemente reducido ya que la mayor parte de la materia prima proviene del propio terreno.

Se evitan costos de transporte, ya que los bloques son hechos cerca del lugar de la construcción.

Según la calidad de los materiales usados, los bloques CINVA-RAM pueden ser superiores a los de adobe y tierra apisonada que fueron usados en construcciones que hoy tienen 100 años de construcción, y que aún se encuentran en buenas condiciones.

Los bloques son fácilmente manejados.

Los bloques no necesitan ser horneados, puesto que el proceso de curación es completamente natural.

La prensa hace varios tipos de bloques, adaptados a las varias fases de construcción.

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/cm² (kilogramos por metro cuadrado).

Promedio de bloques que pueden ser hechos por jornada.

Ensayos:

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como

porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 °C más menos 5 °C*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua (Norma Técnica Peruana 339.127, 1999).

Fórmula 1: Contenido de Humedad.

$$(W\%) = \frac{M_w}{M_s} * 100$$

Fuente: NTP 339.127.1999.

Donde:

W = Contenido de humedad en porcentaje.

M_w = Peso del agua, en gramos.

M_s = Peso de las partículas sólidas, en gramos.

La granulometría consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. La clasificación de las partículas mayores que 75 μm (retenido en el tamiz N° 200) se efectúa por tamizado, en tanto que la determinación de las partículas menores que 75 μm se realiza mediante un proceso de sedimentación basada en la ley de Stokes utilizando un densímetro adecuado (NTP 339.128. 1999).

Fórmula 2: Porcentaje que pasa.

$$\%RP = \frac{PRP}{W_t} * 100$$

Fuente: NTP 339.128.1999.

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.

Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, de granos gruesos y de granos finos. Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que 0,08 mm; se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz 5 mm, y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz 5mm.

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.

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 (Norma Técnica Peruana 339.134, 1999).

Tabla 5: Clasificación de los suelos (SUCS).

Símbolo de grupo (SUCS)			
TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite Líquido alto	L
Turba	Pt	Límite Líquido bajo	H

Fuente: Soibelman, 2011.

Tabla 6: Clasificación de los suelos de grano grueso.

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica $Cu = D_{60} / D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} * D_{60}$ entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.	según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz N°200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW	
	MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA POR LA MALLA N° 04.	GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de atterberg debajo de la línea A o IP < 4	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7	
	MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200	ARENAS	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$Cu = D_{60} / D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} * D_{60}$ entre 1 y 3
			(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	5 al 12% -casos limite que requieren usar doble símbolo Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de atterberg debajo de la línea A o IP < 4	
		(apreciable cantidad de finos)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.	Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7	

Fuente: NTP 339.134, 1999

Tabla 7: Clasificación de los suelos de grano fino.

LIMOS Y ARCILLAS		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	LÍMITE LÍQUIDO < 50	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
	LIMOS Y ARCILLAS	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad
	LÍMITE LÍQUIDO > 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.
	Suelos muy Orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Fuente: NTP 339.134, 1999.

Para los límites de Atterberg Juárez y Rico (2005) mencionan que para medir la plasticidad de las arcillas se han desarrollado varios criterios, de los cuales uno solo, el debido a Atterberg hizo ver que, en primer lugar, la plasticidad no era una propiedad permanente de las arcillas, sino circunstancial y dependiente de su contenido de agua. Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definidos por Atterberg.

Estado líquido, con propiedades y apariencia de una suspensión.

Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.

Estado plástico, en el que el suelo se comporta plásticamente.

Estado semisólido, en el que el suelo tiene apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.

Estado sólido, en que el volumen del suelo no varía con el secado.

Para representar la relación entre el contenido de agua, W_n , y el correspondiente número de golpes, N , de la copa en un gráfico semilogarítmico con el contenido de agua en ordenadas en la escala aritmética, y el número de golpes en abscisas en escala logarítmica. Dibuje una línea recta a través de los mejores tres o más puntos marcados (ASTM D 4318-84, 2005).

El límite líquido 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 designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a 10 largo de su fondo en una distancia de 13 mm (112 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo (NTP 339.129.1999).

El límite plástico es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolado en hilos de 3,2 mm. (118 pulg) sin que se rompan en pedazos (NTP 339.129. 1999).

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 3: Índice de plasticidad.

$$IP = LL - LP$$

Fuente: NTP 339.129. 1999.

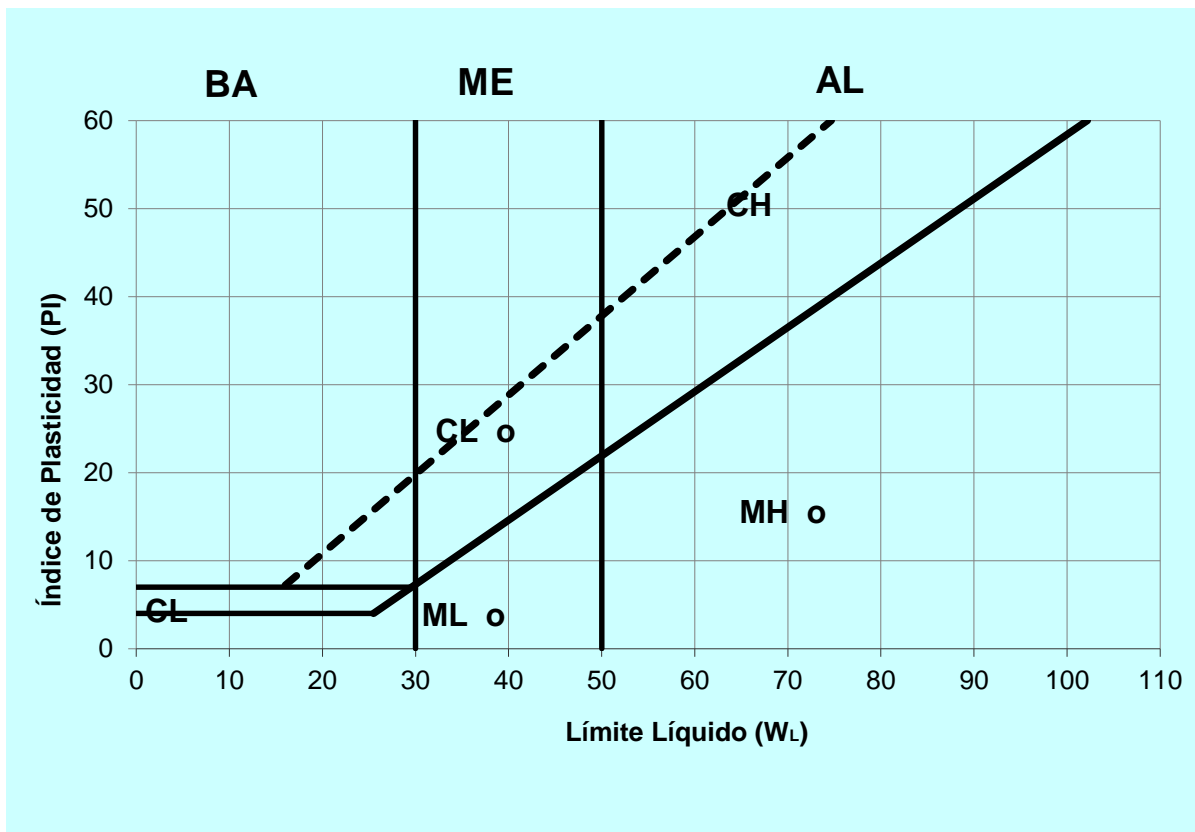
Donde:

IP: Índice de plasticidad.

LL: Límite Líquido.

LP: Límite Pastico.

Figura 5: Carta de plasticidad.



Fuente: NTP 339.129, 1999.

Tabla 8: Número de golpes.

N	K
Número de golpes	Factor de Límite Líquido
20	0.973
21	0.979
22	0.985
23	0.99
24	0.9995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

Fuente: ASTM D 4318-84, 2005

El proctor modificado 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.

Se define “humedad óptima (Dh)” del suelo a aquella con la que se consigue la máxima densidad seca, para la energía de compactación.

Fórmula 4: Densidad húmeda.

$$Dh = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen del molde}}$$

Fuente: NTP. 339.141.2000

Dónde:

Dh= Densidad húmeda

La densidad seca se calcula dividiendo el peso de la muestra entre el volumen del molde.

Se define como “densidad seca máxima proctor modificado (Ds)” del suelo la que se obtiene para la “humedad óptima” con la energía de compactación especificada anteriormente (NTP. 339.141, 2000).

Fórmula 5: Densidad húmeda.

$$Ds = \frac{\text{Densidad húmeda}}{1 + \frac{\text{Contenido de humedad promedio}}{100}}$$

Fuente: NTP. 339.141.2000

Se calcula dividiendo la densidad húmeda entre uno más la suma de la división del contenido de humedad promedio entre cien.

Tabla 9: Proctor Modificado.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	PROCTOR MODIFICADO		
			A	B	C
1	MÉTODO				
2	CONDICIONES PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO		% Ret. Acum. N°4 ≤ 20%	% Ret. Acum. N°4 ≥ 20%	% Ret. Acum. 3/4" ≤ 30%
3	Tipo de material utilizado		Pasante malla N°4	Pasante malla 3/8"	Pasante malla 3/4"
4	N° DE CAPAS	n	5	5	5
5	N° DE GOLPES	N	25	25	56
6	DIÁMETRO DE MOLDE	cm	10.16± 0.04	10.16± 0.04	15.24± 0.07
7	ALTURA DEL MOLDE	cm	11.64± 0.05	11.64± 0.05	11.64± 0.05
8	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	948± 0.15	944± 0.15	2124± 0.25
9	PESO DEL MARTILLO	kg	4.54± 0.01	4.54± 0.01	4.54± 0.01
10	ALTURA CAÍDA DEL MARTILLO	cm	45.72± 0.16	45.72± 0.16	45.72± 0.16
11	DIÁMETRO DEL MARTILLO	cm	5.08± 0.025	5.08± 0.025	5.08± 0.025
12	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN	Kg/cm	27.485	27.485	27.485

Fuente: ASTM D1557-78, 2005.

La resistencia a 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 última (f_o) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de (f_o) mínimo aceptable de 12 kg/cm².

La resistencia a la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la albañilería. (Reglamento Nacional de Edificaciones, E-080, 2006)

La resistencia característica a compresión axial de la unidad ($f'b$), se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra (Reglamento Nacional de Edificaciones E-070, 2006).

Figura 6: Resistencia a compresión de la unidad.



Fórmula 6: Resistencia a la compresión.

$$Fb = \frac{Pm}{Ab}$$

Fuente: NTP. 399.613, 2003

Donde:

Fb = Resistencia a la compresión de la unidad de adobe (kg/cm²)

Pm = Carga máxima de rotura (kg)

Fb = Área bruta de la unidad de adobe (cm²)

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga a los tercios de la luz en una probeta de ensayo en forma de vigueta, 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).

Expresión de resultados si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 7: Resistencia a la flexión.

$$M_r = \frac{P_l}{2 * b * h}$$

Fuente: NTP. 339.078, 1999

Donde:

Mr= Resistencia a flexión.

b= Base del adobe.

h= Altura.

- La NTE E.080 (2006) presenta los siguientes requisitos generales para la elaboración del adobe:
- 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.
- El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.
- El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de desperdicio de ladrillo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de desperdicio de ladrillo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas del suelo de la cantera “Cruz Blanca”.
- Realizar los ensayos de proctor modificado para los adobes patrón y los adobes con reemplazo de 5%, 10% y 15% de desperdicio de ladrillo.

1.4. Hipótesis

El reemplazo de desperdicios de ladrillo, en porcentajes de 5%, 10% y 15% en el adobe compactado, incrementa la resistencia a compresión y flexión hasta en 5%.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Experimental: Es un tipo de investigación que utiliza aplicación práctica mediante ensayos o procesos y éstos pueden ser encontrados en el método científico. Los ensayos pueden ser llevados a cabo en el laboratorio o fuera de él en el cual su desarrollo será netamente práctico.

2.2. Población y muestra

Para la investigación se elaboraron 56 bloques de adobe compactado con la prensa CINVA RAM.

Para la resistencia a compresión: 7 bloques son los adobes patrón, también 7 son con el reemplazo de 5% de desperdicios de ladrillo, además se elaboró 7 bloques más con reemplazo de 10% de desperdicios de ladrillo y por último se elaboraron 7 adobes compactados con el reemplazo de 15% de desperdicios de ladrillo.

Para la resistencia a flexión: Se elaboró 7 bloques patrón, también se elaboró 7 bloques más con el reemplazo de 5% de desperdicios de ladrillo, además se elaboró 7 bloques más con reemplazo de 10% de desperdicios de ladrillo y por último se elaboró 7 adobes compactados con el reemplazo de 15% de desperdicios de ladrillo.

El Reglamento Nacional de Edificaciones E-080 (2006) menciona que se deben ensayar un mínimo de 6 cubos para la resistencia a compresión y flexión. En esta investigación se decidió ensayar 7 cubos para el adobe patrón y 7 adobes para cada porcentaje, también para flexión se decidió ensayar 7 cubos para el adobe patrón y 7 adobes para cada porcentaje.

Tabla 10: Número de cubos en la resistencia a compresión.

MUESTRA	TIPO DE ADOBE
7	Cubos de adobe patrón.
7	Cubos de adobe compactado con reemplazo de 5% de desperdicios de ladrillo.
7	Cubos de adobe compactado con reemplazo de 10% de desperdicios de ladrillo.
7	Cubos de adobe compactado con reemplazo de 15% de desperdicios de ladrillo.

Tabla 11: Número de cubos en la resistencia a flexión

MUESTRA	TIPO DE ADOBE
7	Cubos de adobe patrón.
7	Cubos de adobe compactado con reemplazo de 5% de desperdicios de ladrillo.
7	Cubos de adobe compactado con reemplazo de 10% de desperdicios de ladrillo.
7	Cubos de adobe compactado con reemplazo de 15% de desperdicios de ladrillo.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

Esta investigación se realizó a través de ensayos y pruebas de laboratorio en los laboratorios de concreto y suelos de UPN Cajamarca, ensayos de granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg, proctor modificado y ensayos de compresión y flexión.

La información obtenida en laboratorio se procesó en gabinete con los datos obtenidos en el laboratorio y sacados a los protocolos, se pasó en tablas y cuadros con la ayuda del Microsoft Excel en los cuales se obtuvieron los datos y gráficos de todos los ensayos.

Para la elaboración de los adobes compactado se utilizó la maquina CINVA RAM la cual nos ayudó en la elaboración de todas las unidades, también se tomó en cuenta que la maquina esté en óptimas condiciones para la correcta elaboración de los adobes.

Para no malograr las unidades en el traslado se utilizó varias medidas preventivas las cuales nos ayudaron a poder trasladar las unidades de adobe de la manera correcta.

Para verificar la resistencia a la compresión de las unidades de adobe compactado se utilizó la máquina de compresión axial que se encuentra el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la cual obtuvimos los datos necesarios para posteriormente procesar en gabinete.

La cantera “Cruz Blanca” está ubicada en la parte superior del barrio Cruz Blanca a 300 m aproximadamente de la intersección entre la avenida Independencia y la avenida Héroes de Cenepa, la cantera en mención anterior se ubica exactamente en las siguientes coordenadas:

Dátum: WGS-84

Zona o Huso horario: 17S

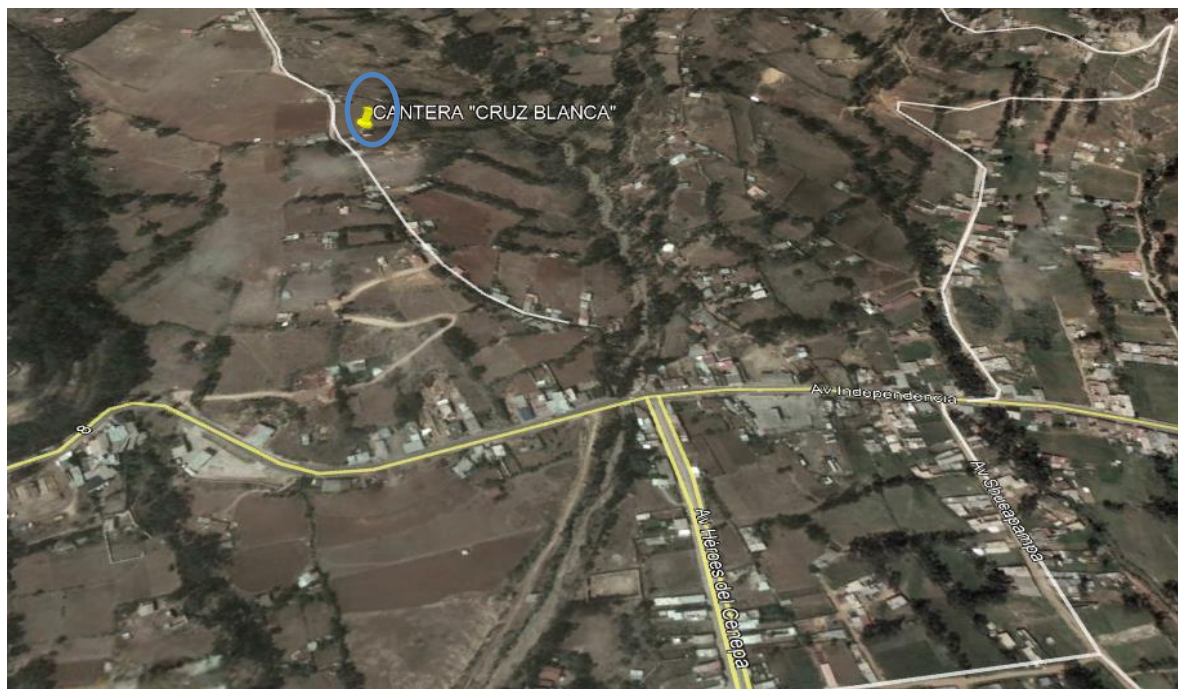
Coordenada UTM:

Este: 774583.43

Norte: 9204261.56

Cota: 2931.12 m.s.n.m.

Figura 7: Ubicación de la cantera “Cruz Blanca”.



Fuente: Google Earth, 2017.

Adjunta plano en anexos.

Ruta de acceso a la cantera:

La cantera se encuentra fuera del casco urbano de la ciudad de Cajamarca, teniendo como vías de acceso las principales calles y avenidas de la ciudad, el tránsito frecuente se realiza con vehículos, camionetas, entre otros. En el siguiente cuadro se puede apreciar las vías de acceso hacia la zona de la cantera.

Tabla 12: Ruta de acceso a la cantera “Cruz Blanca”.

DESDE	HASTA	TIPO DE VÍA	DISTANCIA	TIEMPO
Plaza de armas Cajamarca	Plazuela Bolognesi	Pavimentada	700 m	7 min
Plazuela Bolognesi	Barrio Cruz Blanca	Pavimentada	1200 m	15 min
Barrio Cruz Blanca	Cantera “Cruz Blanca”	Trocha	300m	5 min

Figura 8: Ruta de acceso a la cantera “Cruz Blanca”.



Fuente: Google Earth, 2017.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Tabla 13: Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.

VARIABLES	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO
Resistencia a compresión	Experimento(Ladrillos)	Observación Directa	Hoja de datos y Prensa hidráulica.
Resistencia a Flexión	Experimento(Ladrillos)	Observación Directa	Hoja de datos y Prensa hidráulica.

2.5. Procedimiento

La extracción del suelo se realizó manualmente por el tesista, luego se realizó el cuarteo respectivo del material in situ para verificar si el terreno es apto para la elaboración de los bloques de adobe compactado, el cual se determinará en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte- Cajamarca.

Para el contenido de humedad:

- Material
 - ✓ Muestra alterada extraída del estrato en estudio.
- Equipo
 - ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr.
 - ✓ Estufa con control de temperaturas.
 - ✓ Recipiente o Tara.
- Procedimiento

Para el contenido de humedad de la muestra se realizó utilizando diferentes instrumentos obtenidos en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte y para ello se necesitó una cantidad de material extraído de la cantera “Cruz Blanca” que después de hacer un cuarteo se realizó los siguientes pasos.

- ✓ Identificación del recipiente (A)
- ✓ Pesar el recipiente o tara (B).
- ✓ Pesar la muestra húmeda en el recipiente o tara (C).
- ✓ Secar la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C.
- ✓ Pesar la muestra seca en el recipiente o tara (D).
- ✓ Determinar el peso del agua (E) = C - B.
- ✓ Determinar el peso del suelo seco (F) = D - B
- ✓ Determinar el contenido de humedad (G) = (E / F) * 100
- ✓ Determinar el promedio del contenido de humedad (H).

Finalmente, mediante cálculos se logró determinar el contenido de humedad de la muestra en estudio, lo cual nos sirvió para los ensayos de límite líquido, límite plástico y proctor modificado.

Para la granulometría:

- Material:
 - ✓ 500 gramos.
- Equipo:
 - ✓ Juego de tamices.
 - ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr.
 - ✓ Estufa con control de temperatura.
 - ✓ Taras.
- Procedimiento:
 - ✓ Secar la muestra
 - ✓ Pesarla muestra seca (Ws)
 - ✓ Colocar la muestra en un recipiente, cubrir con agua y dejar durante algunas horas dependiendo del tipo de material.
 - ✓ Tamizar la muestra por la malla N°200 mediante chorro de agua
 - ✓ La muestra retenida en la malla N°200 se retira en un recipiente y se deja secar.
 - ✓ Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los %RP.
 - ✓ Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz

- ✓ Dibujar la curva granulométrica en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros, y en el eje de las ordenadas se registrará los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan.

Para el límite líquido:

- Material:
 - ✓ Suelo seco que pasa la malla N^o 40
- Equipo:
 - ✓ Malla N^o 40
 - ✓ Copa de Casagrande
 - ✓ Ranurador o acanalador
 - ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr
 - ✓ Estufa con control de temperatura
 - ✓ Espátula
 - ✓ Probeta de 100 ml
 - ✓ Cápsula de porcelana
 - ✓ Taras identificadas
- Procedimiento:
 - ✓ En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme
 - ✓ Colocar una porción de la 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 queda dividida en dos partes
 - ✓ Elevar y 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 cápsula 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 de la copa de Casagrande y colocar en la capsula 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)
- ✓ Dibujar a curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará 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.

Para el límite plástico:

- Material:
 - ✓ Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido
- Equipo:
 - ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr.
 - ✓ Estufa
 - ✓ Espátula
 - ✓ Cápsula de porcelana
 - ✓ Placa de vidrio
 - ✓ Taras identificadas
- Procedimiento
 - ✓ A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.
 - ✓ Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamientos, determinar su contenido de humedad.
 - ✓ El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad.

Para el ensayo de Proctor Modificado:

- Material:
 - ✓ Muestra alterada seca.
 - ✓ Papel filtro.
- Equipo:
 - ✓ Equipo proctor modificado (molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión).

- ✓ Pisón proctor modificado
- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr
- ✓ Estufa con control de temperatura
- ✓ Probeta de 1000 ml
- ✓ Recipiente de 6 kg, de capacidad
- ✓ Espátula
- ✓ Recipientes identificados
- Procedimiento:
 - ✓ Obtener la muestra seca para el ensayo, de acuerdo a utilizar (método A, B o C).
 - ✓ Preparar 5 muestras con una determinada cantidad de agua, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente en 0.25 % entre ellas.
 - ✓ Ensamblar el molde cilíndrico con la placa de base y el collar de extensión y el papel filtro.
 - ✓ Compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 o 56 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).
 - ✓ Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada (W %), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior.
 - ✓ Determinar las densidades secas de cada muestra compactada (Ds).
 - ✓ Dibujar la curva de compactación en escala natural, el dato del contenido de humedad se registra en el eje de abscisas y los datos de densidad seca en el eje de ordenadas.
 - ✓ Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

Tabla 14: Proctor modificado.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	PROCTOR MODIFICADO		
			A	B	C
1	MÉTODO				
2	CONDICIONES PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO		% Ret. Acum. N°4 ≤ 20%	% Ret. Acum. 3/8" ≤ 20% % Ret. Acum. N°4 ≥ 20%	% Ret. Acum. 3/4" ≤ 30% % Ret. Acum. 3/8" ≥ 20%
3	Tipo de material utilizado		Pasante malla N°4	Pasante malla 3/8"	Pasante malla 3/4"
4	N° DE CAPAS	n	5	5	5
5	N° DE GOLPES	N	25	25	56
6	DIÁMETRO DE MOLDE	cm	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07
7	ALTURA DEL MOLDE	cm	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
8	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	948 ± 0.15	944 ± 0.15	2124 ± 0.25
9	PESO DEL MARTILLO	kg	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
10	ALTURA CAÍDA DEL MARTILLO	cm	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16
11	DIÁMETRO DEL MARTILLO	cm	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025
12	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN	Kg/cm	27.485	27.485	27.485

Fuente: ASTM D1557-78, 2005.

Para la resistencia a compresión debemos ubicar correctamente los adobes los adobes en un lugar adecuado (en mitades) donde se pasa al proceso de medición de cada uno de ellos, se obtuvieron los datos de altura, ancho y largo de cada una de las unidades. Luego se separó en un lugar determinado para cada tipo de adobe (adobe patrón, adobe con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo, adobe con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo, adobe con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo) para su respectivo ensayo en la maquina a compresión

Con la ayuda del encargado del laboratorio se procedió a realizar del ensayo de resistencia a compresión de cada uno de los adobes compactados de los cuales algunos resistieron más carga debido a la variación de diferentes porcentajes de desperdicios de ladrillo.

Finalmente se obtuvieron los datos de la carga y la deformación de cada uno de los adobes compactado, se anotaron todos los datos en el protocolo establecido.

Figura 9: Ensayo de resistencia a compresión.



Para la resistencia a flexión debemos ubicar correctamente los adobes los adobes en un lugar adecuado donde se pasa al proceso de medición de cada uno de ellos (enteros), se obtuvieron los datos de altura, ancho y largo de cada una de las unidades. Luego se separó en un lugar determinado para cada tipo de adobe (adobe patrón, adobe con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo, adobe con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo, adobe con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo) para su respectivo ensayo en la maquina a compresión

Con la ayuda del encargado del laboratorio se procedió a realizar del ensayo de resistencia a flexión de cada uno de los adobes compactados de los cuales algunos resistieron más carga debido a la variación de diferentes porcentajes de desperdicios de ladrillo.

Finalmente se obtuvieron los datos de la carga y la deformación de cada uno de los adobes compactado, se anotaron todos los datos en el protocolo establecido.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Con la finalidad de determinar la composición y las propiedades físicas del suelo extraída de la cantera “Cruz Blanca”, a continuación, se muestra los siguientes resultados obtenidos en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte Cajamarca.

Contenido de Humedad:

Según el resultado del ensayo de contenido de humedad se obtuvo:

Contenido de humedad del suelo extraído de la cantera “Cruz Blanca” es de 9.86%.

Análisis granulométrico.

Según el resultado del ensayo de análisis granulométrico se obtuvo:

Análisis granulométrico del suelo extraído de la cantera “Cruz Blanca”, Porcentaje que pasa por la malla N°200 es de 44.82%.

Porcentaje que pasa por la malla N°4 es de 98.54%.

Porcentaje retenido acumulado en la N°4 es de 1.46%.

Límites de atterberg:

Según el resultado del ensayo de límites de Atterberg se obtuvo:

Límite Líquido: 33.8%.

Límite Plástico: 23.2%.

Índice de Plasticidad: 10.6%.

Ensayo de proctor modificado:

Después de haber clasificado el suelo, se elige el tipo “A”. Se procede a determinar el contenido de humedad óptimo tanto para el adobe patrón como para los tres porcentajes (5%, 10% y 15%) de desperdicio de ladrillo, para ello se realizó el ensayo de proctor modificado y se obtuvo los siguientes resultados:

Adobe Patrón

Agua + Tierra

Densidad Máxima= 1.93 gr/cm^3

Contenido de humedad óptimo= 10.3%

Adobe con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.

Agua + Tierra+ 5% de ladrillo

Densidad Máxima= 1.791 gr/cm^3

Contenido de humedad óptimo= 16.3 %

Adobe con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo

Agua + Tierra+ 10% de ladrillo

Densidad máxima= 1.828 gr/cm^3

Contenido de humedad óptimo= 15.8%

Adobe con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo.

Agua + Tierra+ 15% de ladrillo

Densidad Máxima= 1.842 gr/cm^3

Contenido de Humedad Optimo= 14.5%

Para la clasificación de suelos los resultados obtenidos en los ensayos de análisis granulométrico y límites de Atterberg realizados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, se realizó la clasificación de suelos mediante el método Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se obtuvo lo siguiente:

Cantera “Cruz Blanca”: arena arcillosa de media plasticidad (SC).

Para la resistencia a compresión:

- Según cálculo se obtuvo que para el adobe patrón se necesita 33.25 Kg de tierra.
- Según cálculo se obtuvo que para el reemplazo de 5% se necesita 31.59 Kg de tierra y 1.75 Ladrillos.
- Según cálculo se obtuvo que para para el reemplazo de 10% se necesita 29.93 Kg de tierra y 3.50 Ladrillos.
- Según cálculo se obtuvo que para el reemplazo de 15% se necesita 28.26Kg de tierra y 5.25 Ladrillos.

Para la resistencia a flexión:

- Según cálculo se obtuvo que para el adobe patrón se necesita 66.50 Kg de tierra.
- Según cálculo se obtuvo que para el reemplazo de 5% se necesita 63.18 Kg de tierra y 3.5 Ladrillos.
- Según cálculo se obtuvo que para el reemplazo de 10% se necesita 59.85 Kg de tierra y 7 Ladrillos.
- Según cálculo se obtuvo que para el reemplazo de 15% se necesita 56.53 Kg de tierra y 10.50 Ladrillos.

Cantidad de agua para resistencia a compresión:

- Según cálculo se obtuvo que para el adobe patrón se necesita 3.425 lts. de agua.
- Según cálculo se obtuvo que para el reemplazo de 10% se necesita 5.254 lts. de agua.
- Según cálculo se obtuvo que para el reemplazo de 15% se necesita 4.821 lts. de agua.

Cantidad de agua para resistencia a flexión:

- Según cálculo se obtuvo que para el adobe patrón se necesita 6.850 lts. de agua.
- Según cálculo se obtuvo que para el reemplazo de 5% se necesita 10.840 lts. de agua.
- Según cálculo se obtuvo que para el reemplazo de 10% se necesita 10.507 lts. de agua.
- Según cálculo se obtuvo que para el reemplazo de 15% se necesita 9.643 lts. de agua.

Posteriormente al tiempo de secado (28 días) de las unidades elaboradas en la maquina CINVA RAM en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

Se evaluó la resistencia obtenida al someter los especímenes a compresión en la prensa hidráulica, para ello se fraccionaron las unidades en dos partes (secciones semi-cúbicas) de tal forma puedan caber en la Prensa Hidráulica, luego se procedió a ensayar 7 especímenes para el adobe patrón y 7 para cada uno de los demás porcentajes de reemplazo establecido.

Tabla 15: Resumen de resistencia a compresión máxima de especímenes del adobe patrón.

ID de Especímen	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima(mm)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm²)	Deformación Unitaria Máxima
E1	4519	5.450	18.405	0.035
E2	3964	5.630	18.267	0.040
E3	4936	5.430	21.207	0.036
E4	5137	5.870	21.368	0.038
E5	4538	3.820	20.062	0.027
E6	4850	4.330	20.838	0.029
E7	4720	4.970	19.634	0.032

Tabla 16: Esfuerzo a compresión máxima promedio.

Esfuerzo a compresión máximo promedio=	19.969 Kg/cm ²
--	---------------------------

- **Especímenes con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.**

Tabla 17: Resumen de resistencia a compresión máxima de especímenes con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.

ID de Especímen (5%)	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima(mm)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria Máxima
A1	5011	7.520	24.465	0.057
A2	5445	6.180	21.280	0.039
A3	5845	6.630	24.173	0.043
A4	5368	5.830	24.233	0.041
A5	5642	8.090	24.949	0.052
A6	5368	7.290	22.200	0.047
A7	5667	5.190	25.582	0.037

Tabla 18: Esfuerzo a compresión máxima promedio.

Esfuerzo a compresión promedio=	23.840 Kg/cm ²
---------------------------------	---------------------------

- **Especímenes con reemplazo de desperdicio de ladrillo (10%).**

Tabla 19: Resumen de resistencia a compresión máxima de especímenes con adición de 10% de desperdicio de ladrillo.

ID de Especímen (10%)	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima(mm)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria Máxima
A1	3618	4.280	15.721	0.028
A2	3452	4.990	16.022	0.036
A3	3505	4.250	14.877	0.028
A4	3520	6.190	14.420	0.040
A5	3796	4.010	16.090	0.029
A6	3518	5.180	14.932	0.034
A7	3792	3.630	15.534	0.023

Tabla 20: Esfuerzo a compresión máxima promedio.

Esfuerzo a Compresión Promedio=	15.371 Kg/cm ²
---------------------------------	---------------------------

- **Especímenes con reemplazo de desperdicio de ladrillo (15%)**

Tabla 21: Resumen de resistencia a compresión máxima de especímenes con adición de 15% de desperdicio de ladrillo.

ID de Especímen (15%)	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima(mm)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria Máxima
A1	2914	2.910	12.966	0.019
A2	2490	2.570	11.115	0.018
A3	2618	4.330	11.187	0.027
A4	2775	3.100	11.476	0.020
A5	2675	5.620	11.391	0.039
A6	2891	3.170	12.262	0.020
A7	2560	2.830	10.587	0.018

Tabla 22: Esfuerzo a compresión máxima promedio.

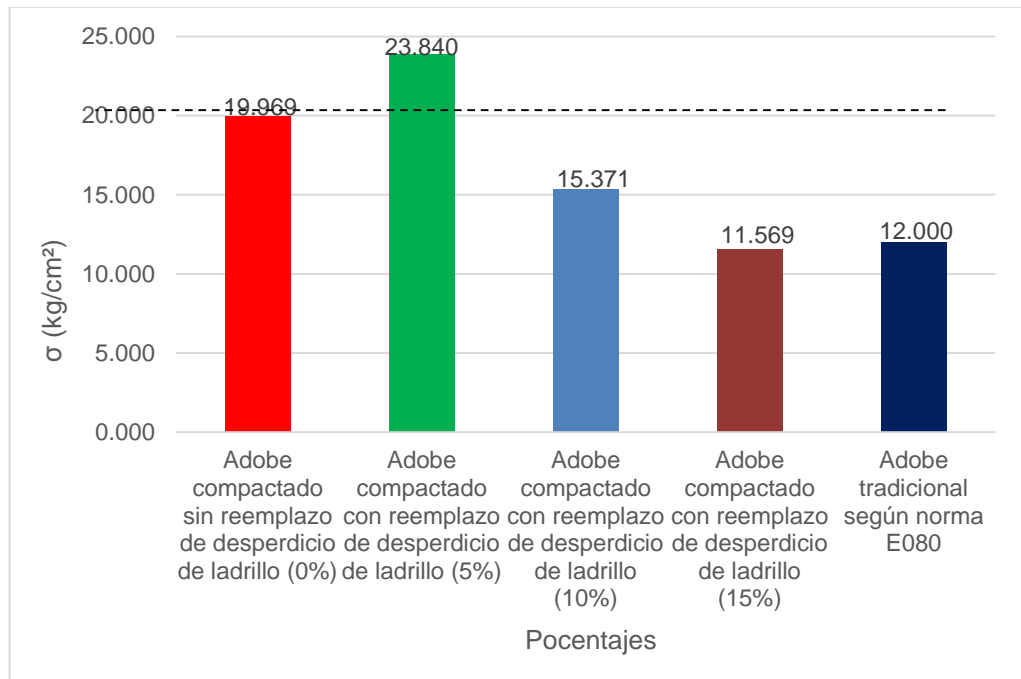
Esfuerzo a Compresión Promedio=	11.569 Kg/cm ²
---------------------------------	---------------------------

Resumen general de resistencia a la compresión.

Tabla 23: Resumen general de resistencia a compresión máxima y comparación con la norma E.080.

ESPECIMENES	RESISTENCIA	UNIDAD
Adobe compactado sin reemplazo de desperdicio de ladrillo (0%)	19.969	Kg/cm ²
Adobe compactado con reemplazo de desperdicio de ladrillo (5%)	23.840	Kg/cm
Adobe compactado con reemplazo de desperdicio de ladrillo (10%)	15.371	Kg/cm
Adobe compactado con reemplazo de desperdicio de ladrillo (15%)	11.569	Kg/cm
Adobe tradicional según norma E080	12.000	Kg/cm

Figura 10: Resumen general de resistencia a compresión máxima .



Ensayos de resistencia a flexión.

Finalmente se evaluó la resistencia a flexión en la prensa hidráulica donde se procedió a ensayar 7 especímenes para el adobe patrón y 7 para cada uno de los demás porcentajes con reemplazo establecido.

- **Especímenes de adobe patrón.**

Tabla 24: Resumen de resistencia a flexión máxima del adobe patrón.

ID de Espécimen	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm²)	Deformación Unitaria Máxima
A1	866	2.710	15.748	0.017
A2	809	2.270	15.248	0.015
A3	911	2.330	16.860	0.015
A4	890	2.720	15.515	0.017
A5	918	2.910	17.189	0.019
A6	878	2.140	15.591	0.014
A7	955	2.290	16.926	0.015

Tabla 25: Resistencia a flexión máxima promedio.

Adobe compactado patrón	16.154	Kg/cm ²
-------------------------	--------	--------------------

- **Especímenes con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.**

Tabla 26: Resumen de resistencia a flexión máxima con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.

ID de Especímen (5%)	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria Máxima
A1	1175	4.290	21.121	0.028
A2	1095	2.770	20.369	0.018
A3	1152	3.030	21.472	0.020
A4	1072	1.310	19.158	0.008
A5	1098	2.470	20.586	0.016
A6	1125	2.610	21.133	0.017
A7	1153	2.440	21.268	0.016

Tabla 27: Resistencia a flexión máxima promedio.

Adobe compactado con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo	20.730	Kg/cm
--	--------	-------

- **Especímenes con reemplazo de 10% desperdicio de ladrillo.**

Tabla 28: Resumen de resistencia a flexión máxima con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo.

ID de Especímen (10%)	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria Máxima
A1	705	1.680	13.089	0.011
A2	727	1.550	13.533	0.010
A3	787	1.700	14.219	0.011
A4	693	1.990	12.441	0.013
A5	648	1.410	11.708	0.009
A6	705	1.880	12.878	0.012
A7	689	1.930	12.546	0.012

Tabla 29: Resistencia a flexión máxima promedio.

Adobe compactado con reemplazo de 10% desperdicio de ladrillo	12.916	Kg/cm
--	--------	-------

- **Especímenes con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.**

Tabla 30: Resumen de resistencia a flexión máxima con adición de 15% de desperdicio de ladrillo.

ID de Especímen (15%)	Carga Máxima (Kg)	Deformación Máxima (mm)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria Máxima
A1	471	1.390	8.593	0.009
A2	428	1.235	7.905	0.008
A3	517	1.050	9.311	0.007
A4	512	1.310	9.016	0.008
A5	428	1.280	7.733	0.008
A6	519	1.660	9.636	0.011
A7	592	2.070	10.628	0.013

Tabla 31: Resistencia a flexión máxima promedio.

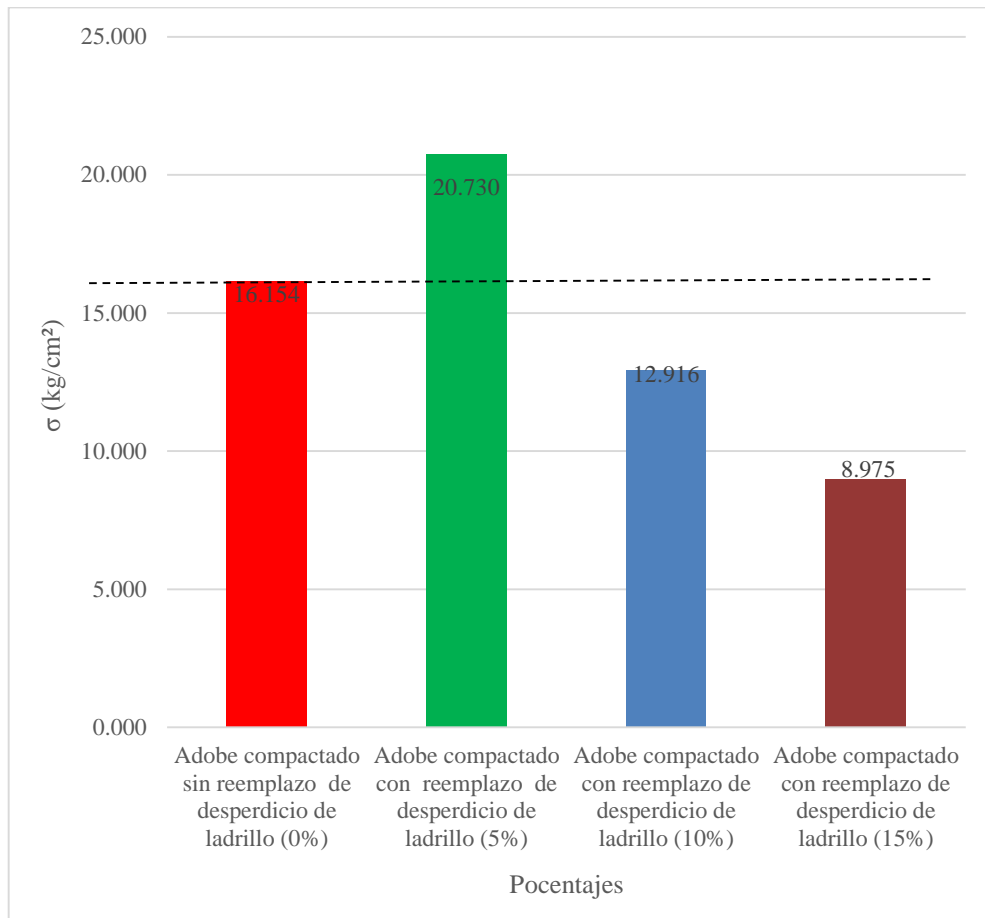
Adobe compactado con reemplazo de 15% desperdicio de ladrillo.	8.975	Kg/cm
--	-------	-------

Resumen general de resistencia a flexión máxima.

Tabla 32: Resumen de resistencia a flexión de especímenes elaborados.

ESPECIMENES	RESISTENCIA	UNIDAD
Adobe compactado sin reemplazo de desperdicio de ladrillo (0%)	16.154	Kg/cm ²
Adobe compactado con reemplazo de desperdicio de ladrillo (5%)	20.730	Kg/cm
Adobe compactado con reemplazo de desperdicio de ladrillo (10%)	12.916	Kg/cm
Adobe compactado con reemplazo de desperdicio de ladrillo (15%)	8.975	Kg/cm

Figura 11: Resumen de resistencia a flexión de especímenes elaborados.



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Para la resistencia a compresión:

Los bloques de adobe elaborados con la máquina CINVA RAM de la muestra patrón y los bloques con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo nos da una resistencia a la compresión de 19.969 kg/cm² y 23.840 kg/cm², los bloques con reemplazo de 10% y 15% de desperdicio de ladrillo nos da una resistencia a la compresión de 15.371 kg/cm² y 11.569 kg/cm².

En los adobes patrón obtuvimos una resistencia de 19.969 kg/cm², por los resultados obtenidos superaran la resistencia mínima que pide la norma E- 080, la cual sugiere una resistencia a la compresión de 12 kg/cm².

En los adobes elaborados con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo se obtuvo una resistencia a la compresión de 23.840 kg/cm² aumentando en un 19.4% con referencia al adobe patrón, también por los resultados obtenidos superaron la resistencia mínima que pide la norma E- 080 la cual sugiere una resistencia a la compresión de 12 kg/cm².

En los adobes elaborados con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo, por los resultados obtenidos superaron la resistencia mínima que pide la norma E- 080, la cual sugiere una resistencia a la compresión de 12 kg/cm² porque se obtuvo una resistencia a la compresión de 15.371 kg/cm², pero no cumple con la hipótesis planteada dado que nos pide que supere en 5% al adobe patrón.

En los adobes elaborados con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo, por los resultados obtenidos no superaron la resistencia mínima que pide la norma E- 080, la cual sugiere una resistencia a la compresión de 12 kg/cm² porque se obtuvo una

resistencia a la compresión de 11.569 kg/cm². Tampoco supera la hipótesis planteada dado que nos pide que supere en 5% al adobe patrón.

Para la resistencia a flexión.

Los bloques de adobe elaborados con la máquina compactadora CINVA RAM de la muestra patrón y los bloques con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo son ensayados los cuales nos arrojan una resistencia a la flexión de 16.154 kg/cm² y 20.730 kg/cm², los bloques con reemplazo de 10% y 15% de desperdicio de ladrillo nos da una resistencia a la flexión de 12.916 kg/cm² y 8.975 kg/cm².

Los adobes elaborados con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo, por los resultados obtenidos superaron la hipótesis planteada aumentando en un 28% en su resistencia. Los adobes elaborados con reemplazo de 10% y 15% de desperdicio de ladrillo, por los resultados obtenidos no superaron la hipótesis planteada porque su resistencia a la flexión es (12.916 kg/cm² y 8.975 kg/cm²) la cual disminuye por el exceso de arcilla.

Soto, 2016, incorporó bentonita sódica, en porcentajes de (8, 12 y 16) % en el adobe compactado, donde mejoró sus propiedades mecánicas, en resistencia a compresión a más del 20% y 10% para la resistencia a flexión con respecto al valor encontrado para la muestra patrón. En esta investigación con el reemplazo de (5 y 10) % de desperdicio de ladrillo aumentó más del 5 % en su resistencia a compresión y para la resistencia a flexión con el reemplazo de 5% aumentó su resistencia más del 5% con respecto al valor encontrado para la muestra patrón, cumpliendo con la hipótesis planteada.

Carhuanambo, 2016, evaluó la adición de la viruta y aserrín de eucalipto en porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% en las propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con la finalidad de diagnosticar sus ventajas o desventajas en la

elaboración de éstos, según resultados obtenidos superó la hipótesis planteada (5% para resistencia a compresión y 10% en resistencia a flexión). En esta investigación con el reemplazo de (5 y 10) % de desperdicio de ladrillo aumentó más del 5 % en su resistencia a compresión y para la resistencia a flexión con el reemplazo de 5% aumentó su resistencia más del 5% con respecto al valor encontrado para la muestra patrón, cumpliendo con la hipótesis planteada.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que el reemplazo de desperdicio ladrillo en un porcentaje de 5% en peso nos da la mayor resistencia a compresión en las unidades, por la presencia de una cantidad adecuada de arcilla en peso la cual aumenta la resistencia a compresión.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que el reemplazo de desperdicios de ladrillo en un porcentaje de 15% en peso disminuye la resistencia a compresión de los adobes compactados, esto nos indica que si agregamos mucha arcilla al adobe disminuye la resistencia, se vuelve poroso y la unidad es menos resistente y es más frágil en el movimiento de las unidades o en el traslado de las mismas.

Durante el desarrollo de la investigación influyeron en la calidad de la fabricación de los adobes compactados que fue el tiempo de saturación de la muestra, ya que si tenía menos de 4 horas las unidades de adobe se fabricaban en mal estado, pero si se dejaba saturar la muestra mayor a 4 horas las unidades elaboradas eran las correctas.

No existen normas peruanas sobre las medidas que se deben tomar en cuenta para la fabricación de adobes compactados es por ello que en esta tesis se basó en normas parecidas y también se basó en tesis realizadas anteriormente por estudiantes de la Universidad privada del norte y otras universidades

4.2 Conclusiones

1. La hipótesis se cumple parcialmente debido a que para los adobes con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo se obtuvo resistencias a compresión y flexión de 23.840 kg/cm² y 20.730 kg/cm² respectivamente, aumentando en más del 5% en la resistencia a compresión y flexión ya que para el adobe patrón nos da resistencias a compresión y flexión de 19.969 kg/cm² y 16.154 kg/cm² superando lo establecido en la Norma E-080 (12 kg/cm. En cuanto a los adobes con reemplazo de 10% y 15% de desperdicios de ladrillo se obtuvo resistencias a compresión de: 15.371 kg/cm², 12.916 kg/cm² y flexión de 11.569 kg/cm², 8.975 kg/cm² respectivamente, lo cual nos indica que no cumple con la hipótesis planteada.
2. Se determinaron las propiedades físicas del suelo de la cantera “Cruz Blanca” donde se obtuvo para el ensayo de contenido de humedad un valor de 9.86%, análisis granulométrico (porcentaje que pasa por la malla N°200: 46.14%), límite líquido: 33.8%, límite plástico: 23.2% e índice de plasticidad: 10.6%. Posteriormente se realizó la clasificación de suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) en lo cual se obtuvo una Arena Arcillosa de Media Plasticidad (SC) e índice de plasticidad mayor a 7.
3. Se logró realizar los ensayos de Proctor Modificado con los adobes patrón donde se obtuvo un contenido de humedad óptimo de 10.3%, con el reemplazo de desperdicio de ladrillo para 5% se obtuvo un contenido de humedad óptimo de 16.3%, para 10% se obtuvo un contenido de humedad óptimo de 15.8% y para 15% se obtuvo un contenido de humedad óptimo de 14.5%.

REFERENCIAS

1. Álvarez, D.A., (2015). Vulnerabilidad sísmica de viviendas de adobe del C.P. la Huaraclla, Jesús, Cajamarca 2015.”. (Tesis de título). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
2. Arteaga, K.T., Medina, O.H., & Gutiérrez, O.J. (2011). Bloque de tierra comprimida como material constructivo. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1492>
3. ASTM D 4318-84. (2005). Norma AST. Estados Unidos.
4. ASTM D1557-78. (2005). Proctor modificado. Estados Unidos.
5. Barranzuela, J. (2014). Proceso productivo de arcilla producidos en la región Piura. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1755>
6. Bestraten,S., Hormias,E. & Altemir,A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/20154>
7. Blondet, M., Vargas, J. Torrealva, D. & Rubiños, A. (2010). Manual de construcción de adobe reforzado con geomallas. Recuperado de: http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Geomesh_Manual_Spanish_Blondet.pdf
8. Bolaños, J. (2016). Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna. (Tesis de título). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
9. Caballero, M., Silva, L., & Montes, J. (2010). Resistencia mecánica del adobe compactado incrementada por bagazo de agave. Recuperado de: <http://docplayer.es/45291113-Resistencia-mecanica-del-adobe-compactado-incrementada-por-bagazo-de-agave.html>.

10. Carcedo, M. (2012). Resistencia a Compresión de Bloques de Tierra Comprimida Estabilizada con Materiales de Sílice de Diferente Tamaño de Partículas. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
11. Carhuanambo, J.T. (2016). Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín. (Tesis de título). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
12. Chávez, C.E. (2016). Evaluación del porcentaje de desperdicios de materiales de construcción civil medición y método de control. (Tesis de título). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
13. Cid, J., Mazarrón, F.R., & Cañas, I. (2010). La Normatividad de Construcción con Tierra en el Mundo. Recuperado de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1262/1347>.
14. Cid, J.J. (2012). Durabilidad de los Bloques de Tierra Comprimida, Evolución y Recomendaciones para la Normalización de los Ensayos de Erosión y Absorción. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
15. Construcción Civil: Métodos de Medición y Control. (Tesis inédita de Titulación). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
16. Crespo, C. Mecánica de suelos y cimentaciones. Recuperado de <https://books.google.es/>
17. Diccionario de Arquitectura y Construcción. (01 de febrero de 2016). Parro.com. Recuperado de <http://www.parro.com.ar/definicion-de-resistencia+a+la+flexi%F3n>
18. Enciso, F. (01 de febrero de 2016). Ensayos a la Unidad de Albañilería. Recuperado de https://www.academia.edu/10643669/ENSAYOS_A_LA_UNIDAD_DE_ALBA%91ILERIA_A_.

19. Galarza, M.P. (2011). Desperdicios de materiales en obras de construcción civil. (Tesis de título). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
20. Goodhew Steven, Griffiths Richard. (2005). Sustainable earth walls to meet the building regulations. Energy and Building, 451-459. Volumen 37. Recuperado de http://somim.org.mx/articulos2010/memorias/memorias2010/A3/A3_221.pdf
21. ISO 62. (2008). Determination of water absorption. Recuperado de https://www.google.com.pe/search?hl=es&biw=1366&bih=608&tbm=bks&ei=TUGoW7_KKsSy5gKpu4OgBw&q=ISO+62.+%282008%29.+Determination+of+water+absorption.+&oq=ISO+62.+%282008%29.+Determination+of+water+absorption.+&gs_l=psy-ab.3...52509.54830.0.55003.2.2.0.0.0.464.464.4-1.1.0...0...1c.1.64.psy-ab..1.0.0...0.6230sPCgalk
22. Jahn, G. V. (2000). Microcurso A&. Arquitectura de barro pp. 14-22. Recuperado de https://cumincad.architexturez.net/system/files/pdf/sigradi2004_107.content.pdf
23. Juárez, E., & Rico, A. (2005). Mecánica de Suelos. México: Limusa. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=3OPOaDHQC8wC&oi=fnd&pg=PA5&dq=18.%09Ju%C3%A1rez,+E.,+%26+Rico,+A.+\(2005\).+Mec%C3%A1nica+de+Suelos.+M%C3%A9xico&ots=e7_6plLn4n&sig=7M_OU0NdFaRYloLygKRR35sL3sE#v=onepage&q=18.%09Ju%C3%A1rez%2C%20E.%2C%20%26%20Rico%2C%20A.%20\(2005\).%20Mec%C3%A1nica%20de%20Suelos.%20M%C3%A9xico&f=fals](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=3OPOaDHQC8wC&oi=fnd&pg=PA5&dq=18.%09Ju%C3%A1rez,+E.,+%26+Rico,+A.+(2005).+Mec%C3%A1nica+de+Suelos.+M%C3%A9xico&ots=e7_6plLn4n&sig=7M_OU0NdFaRYloLygKRR35sL3sE#v=onepage&q=18.%09Ju%C3%A1rez%2C%20E.%2C%20%26%20Rico%2C%20A.%20(2005).%20Mec%C3%A1nica%20de%20Suelos.%20M%C3%A9xico&f=fals)
24. Morales Fuentes Augusto (1998). La pintura mural: su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/74223/MART%C3%8DNEZ%20-%20ESTUDIO%20Y%20PROPUESTA%20DE%20INTERVENCICI%C3%93N%20DE>

- %20PINTURAS%20MURALES%20DE%20LA%20HABITACI%C3%93N%20D
E%20MARIANO%20AM....pdf?sequence=1.
25. Morales, R., Cabrejos, R., Rengifo, L., & Candiotti, C. (1993). Manual para la construcción de viviendas de adobe. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/286984056/146030-Manual-Para-La-Construccion-de-Viviendas-Adobe>
 26. Norma Técnica Peruana 339.128. (1999). SUELOS. Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico. Lima-Perú: INDECOPI.
 27. NTP 339.134. (1999). SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de clasificación de suelos, SUCS). Lima-Perú: INDECOPI.
 28. NTP. 339.078. (22 de diciembre de 1999). Norma Técnica Peruana. Resistencia a la Flexión o Módulo de rotura. Lima- Perú: Indecopi. Recuperado de <http://ecocosas.com/arq/el-adobe/>.
 29. NTP. 399.613. (2003). Lima- Perú: Métodos de Muestreo y ensayo de unidades de albañilería.
 30. NTP.339.127. (1999). Lima- Perú: Determinación del contenido de humedad.
 31. NTP.339.128. (1999). Lima- Perú: Método del ensayo para el análisis granulométrico.
 32. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (20 de enero de 2015). fao.org. Adaptado de <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
 33. Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima- Perú. E-070 (2006). Albañilería.
 34. Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima- Perú. E-080 (2006). Albañilería.

35. Rigo, C. N. (2001). Compactación de suelos agrícolas. (Tesis de maestría). Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.
36. Ríos, E. Y. (2010). Efecto de la adición de látex natural y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Santa Cruz Xoxocotlán, México.
37. Rodríguez, M. A. (2003). Aplicación Tecnológica del adobe Estabilizado. España-Cuba: Univesidad de Oviedo & Universidad Central de las Villas. Recuperado de: <http://www.upv.es/VALORES/Documentaci%F3n/Reuni%F3n%20Madrid/Presentaciones/Presentaci%F3n%20Ernesto%20Villar.pdf>
38. Skoyles, E.R. (2008). Materials wastage – a misuse of resources. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613217608550498>
39. Soibelman (1993). Lucio “As Perdas De Materiais Na Construção de Edificações: Sua Incidencia E Seu Controle” Porto Alegre. Recuperado de <http://www.pedrasul.com.br/artigos/perdas.pdf>.
40. Soto, E.E. (2016) Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con incorporación de bentonita sódica, utilizando suelos de diferentes canteras”, Cajamarca 2016. (Tesis de título). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
41. Tufiño, G., Vieira, N., Lascano., L., & Guerrero, V. (2008). Propiedades térmicas de arcillas ecuatorianas parra ser utilizadas como material refractario. Recuperado de http://cdts.espol.edu.ec/Proyectos/Proyectos%20en%20ejecuci%C3%B3n/Horno%20Materiales_files/infoEPN.pdf
42. Voluntarios en Asistencia Técnica. Inc. (1977). Fabricación de Bloques de Construcción con la Prensa Cinva. Recuperado de <https://www.google.com.pe/search?hl=es&biw=1366&bih=608&tbn=bks&ei=GEGoW9S2La3a5gK2xq3YDw&q=36.%09Voluntarios+en+Asistencia+T%C3%A9c>

ANEXOS

Anexo 01: fotografías.

Figura 12: Cantera “Cruz Blanca”.



Figura 13: Cuarteo de la muestra en el laboratorio de suelos.



Figura 14: Cuarteo de la muestra en el laboratorio de suelos.



Figura 15: Peso de la muestra para el contenido de humedad.



Figura 16: Ensayo de límite líquido.



Figura 17: Ingreso de material al horno.



Figura 18: Copa de casa grande.



Figura 19: Ensayo límite líquido.



Figura 20: Retiro del material puesto a secar en el horno durante 24 horas.



Figura 21: Obtención del peso de cada muestra del ensayo de límite líquido posterior al secado.



Figura 22: Ensayo de granulometría por lavado.

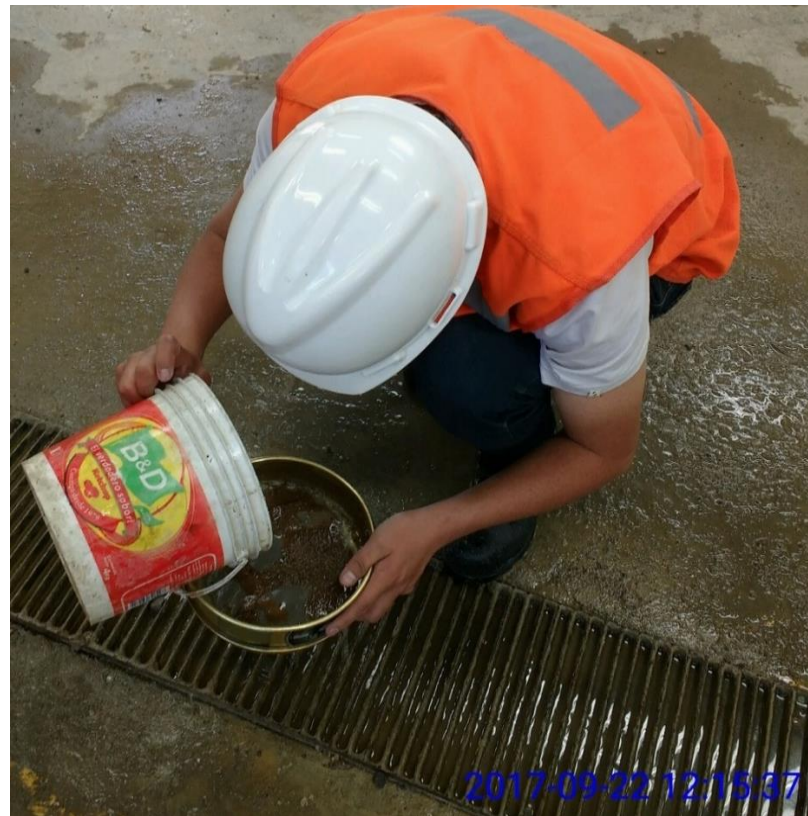


Figura 23: Tamizado del material después de 24 horas de secado en el horno.



Figura 24: Ensayo de proctor modificado.



Figura 25: Obtención de desperdicios de ladrillo.



Figura 26: Trituración de los desperdicios de ladrillos.



Figura 27: Obtención del peso del molde.



Figura 28: Obtención del peso de la muestra húmeda del ensayo proctor modificado.

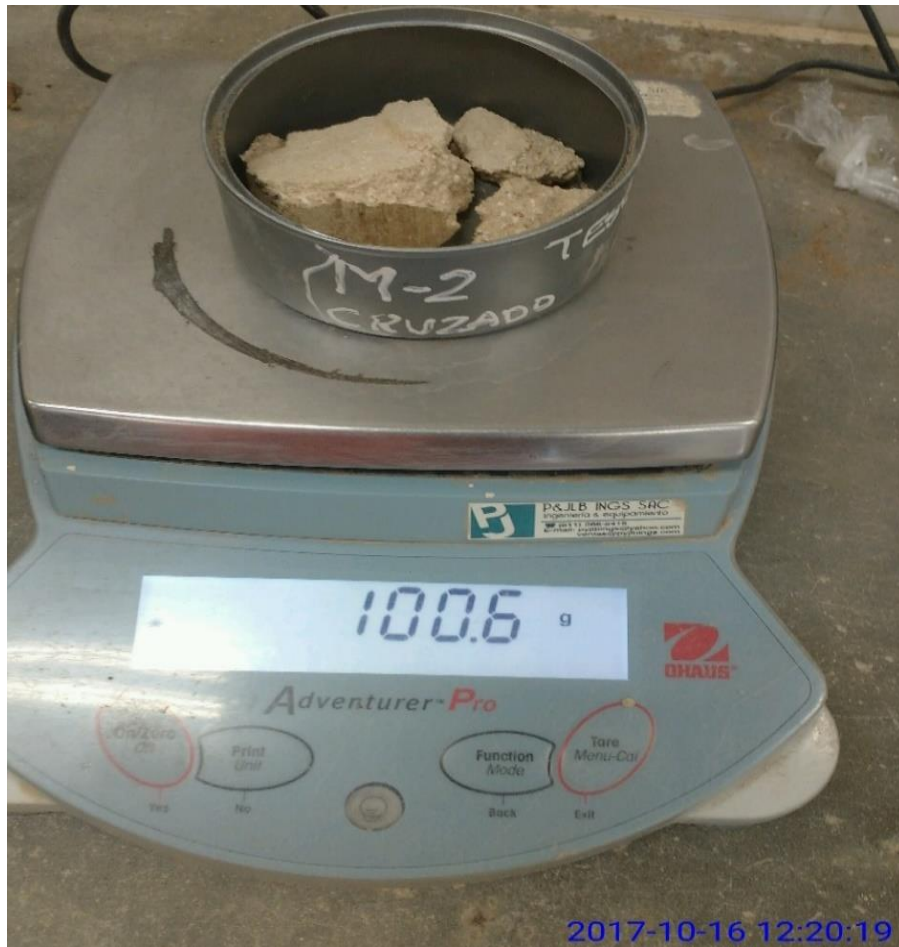


Figura 29: Obtención del peso de la muestra para el ensayo Proctor Modificado.



Figura 30: Molde y Martillo compactador.



Figura 31: Obtención del peso de desperdicio de ladrillo.



Figura 32: Mezclado de la muestra con los desperdicios de ladrillo.



Figura 33: Adición del agua a la muestra con los desperdicios de ladrillo.



Figura 34: Inspección por el asesor de Tesis.



Figura 35: Material para cada adobe.



Figura 36: Preparación del material para la elaboración de adobe con reemplazo de desperdicio de ladrillo.



Figura 37: Elaboración de adobes para resistencia a flexión con la máquina compactadora CINVA RAM.



Figura 38: Elaboración de adobes para resistencia a compresión con la máquina compactadora CINVA RAM.



Figura 39: Medida de especímenes con el vernier para el ensayo a compresión y flexión.



Figura 40: Almacenamiento de especímenes en el laboratorio para su ensayo a compresión y flexión.



Figura 41: Ensayo a compresión de los adobes.



Figura 42: Ensayo a compresión del adobe compactado.



Figura 43: Ensayo a compresión de los adobes con la ayuda del encargado del laboratorio.



Figura 44: Eliminación del material obtenido después de los ensayos a compresión y flexión.



Anexo 02: cálculos.

Pruebas de resistencia a la compresión.

Determinación del contenido de humedad natural

Tabla 33: Determinación del contenido de humedad del suelo natural.

CONTENIDO DE HUMEDAD					
C1	Unidad	E1	E2	E3	
W tara (gr)	Gr	73.00	72.80	73.24	
Wt + M. Húmeda (gr)	Gr	832.32	809.71	856.03	
Wt + M. seca(gr)	Gr	762.16	741.15	790.47	
W agua(gr)	Gr	70.16	68.56	65.56	
WM. Seca(gr)	Gr	689.16	668.35	717.23	
W(%)	%	10.18	10.26	9.14	
W(%) promedio	%		9.86		

Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado.

Tabla 34: Análisis granulométrico.

ANALISIS GRANULOMETRICO					
MUESTRA	500 gr				
TAMIZ					% QUE PASA
N°	ABER(mm)	PRP (gr)	%RP	%RA	
N°4	4.76	7.30	1.46	1.46	98.54
N°10	2.00	48.80	9.76	11.22	88.78
N°20	0.84	45.60	9.12	20.34	79.66
N°30	0.59	31.90	6.38	26.72	73.28
N°40	0.42	25.70	5.14	31.86	68.14
N°60	0.25	36.50	7.30	39.16	60.84
N°100	0.15	37.70	7.54	46.70	53.30
N°200	0.074	42.40	8.48	55.18	44.82
PERDIDA	LAVADO	224.10	44.82	100.00	0.00
TOTAL		500.00			

Figura 45: Curva granulométrica.

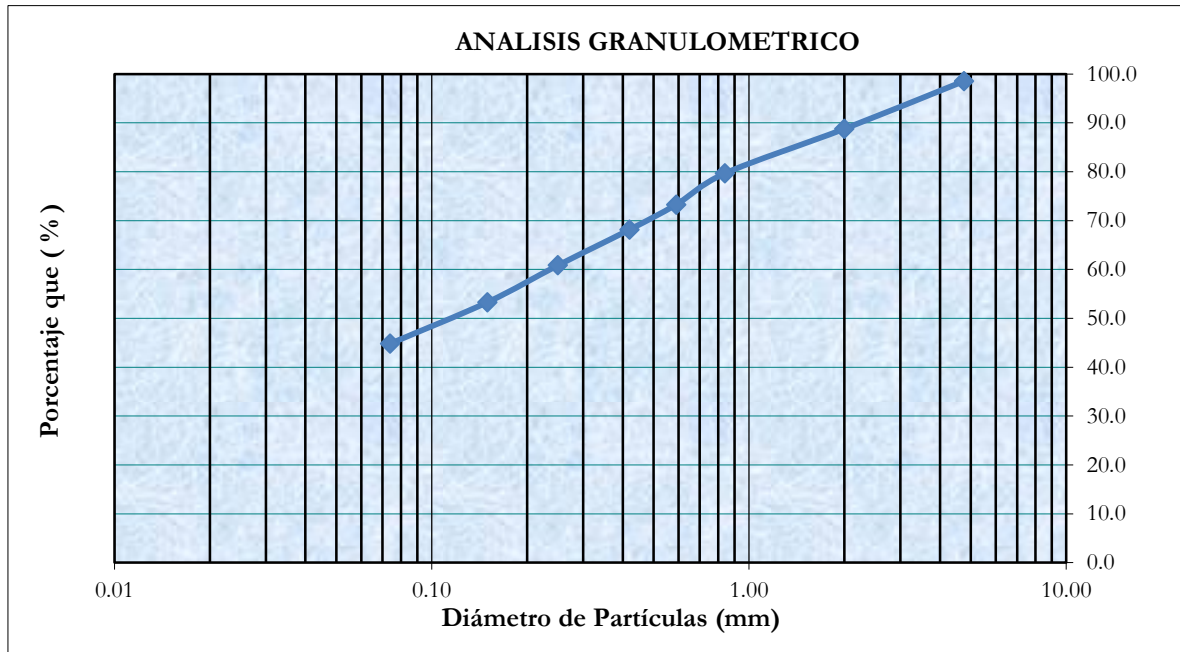


Tabla 35: Clasificación de suelos .

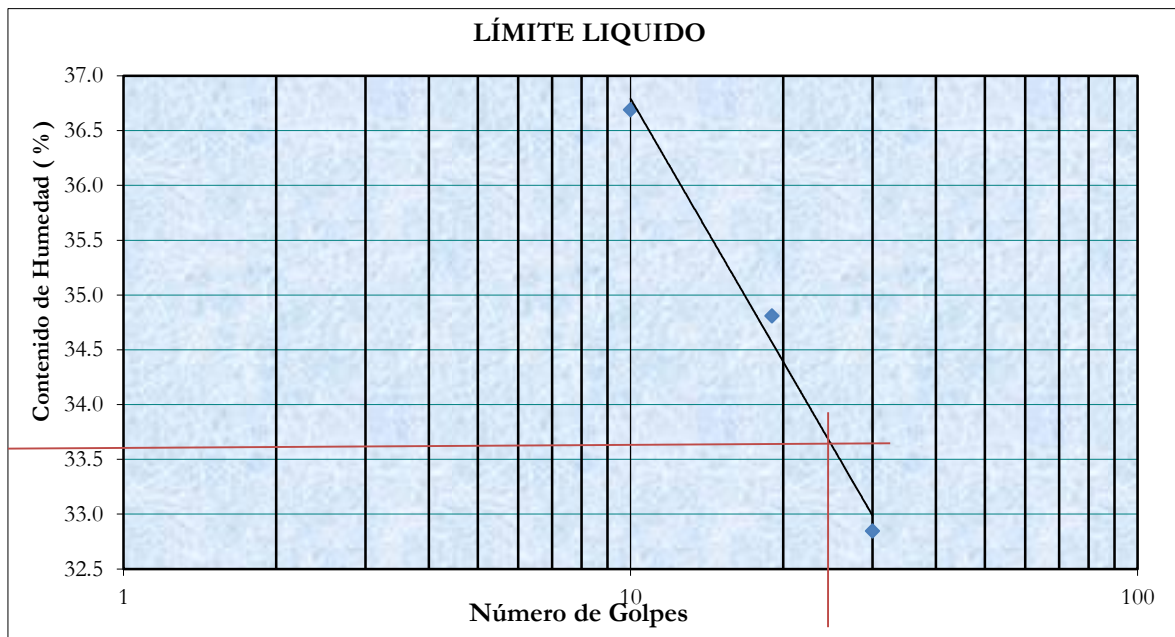
PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA N°200	224.10gr.	44.82%
PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA N°4	268.60gr.	98.54%

Límites de atterberg.

Tabla 36: Determinación del límite líquido.

LIMITE LIQUIDO				
Tara Número	Unidades	1	2	3
Wt + M. Húmeda(gr)	Gr	46.70	49.40	44.50
Wt + M. seca(gr)	Gr	41.60	43.90	40.00
W tara (gr)	Gr	27.70	28.10	26.30
Wt + M. seca(gr)	Gr	13.90	15.80	13.70
WM. Seca(gr)	Gr	5.10	5.50	4.50
W(%) promedio	%	36.69	34.81	32.85
Número de Golpes	Golp.	10	19	30
L.L	%		33.52	

Figura 46: Curva granulométrica.



Del gráfico, tomado 25 golpes, tenemos un límite líquido de 33.52% de contenido de humedad.

Tabla 37: Determinación del límite plástico.

LÍMITE PLÁSTICO			
Tara Número	Unidades	E1	E2
W tara (gr)	Gr	27.40	27.30
Wt + M. Húmeda (gr)	Gr	41.20	38.10
Wt + M. seca (gr)	Gr	38.55	36.10
W agua(gr)	Gr	2.65	2.00
WM. Seca(gr)	Gr	11.15	8.80
W(%)	%	23.77	22.73
W(%) promedio	%	23.2	

De la tabla tenemos un límite plástico de 23.2%, se obtiene del promedio de contenido de humedad de las muestras.

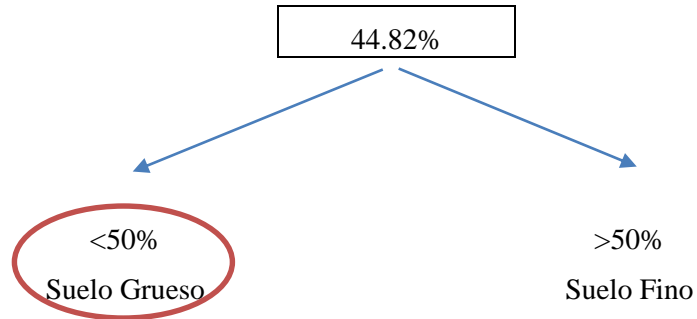
Tabla 38: Índice de plasticidad.

INDICE DE PLASTICIDAD	10.3%
-----------------------	-------

2.2.1 Clasificación de suelos.

Para esta investigación se ha clasificado por el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y se realizó los siguientes pasos:

a) Porcentaje que pasa por la malla N° 200.



b) Porcentaje que pasa por la malla N° 4.

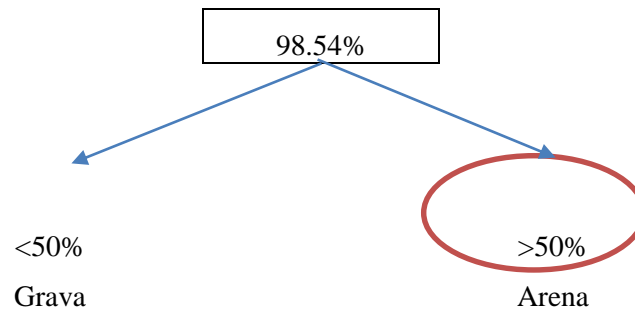
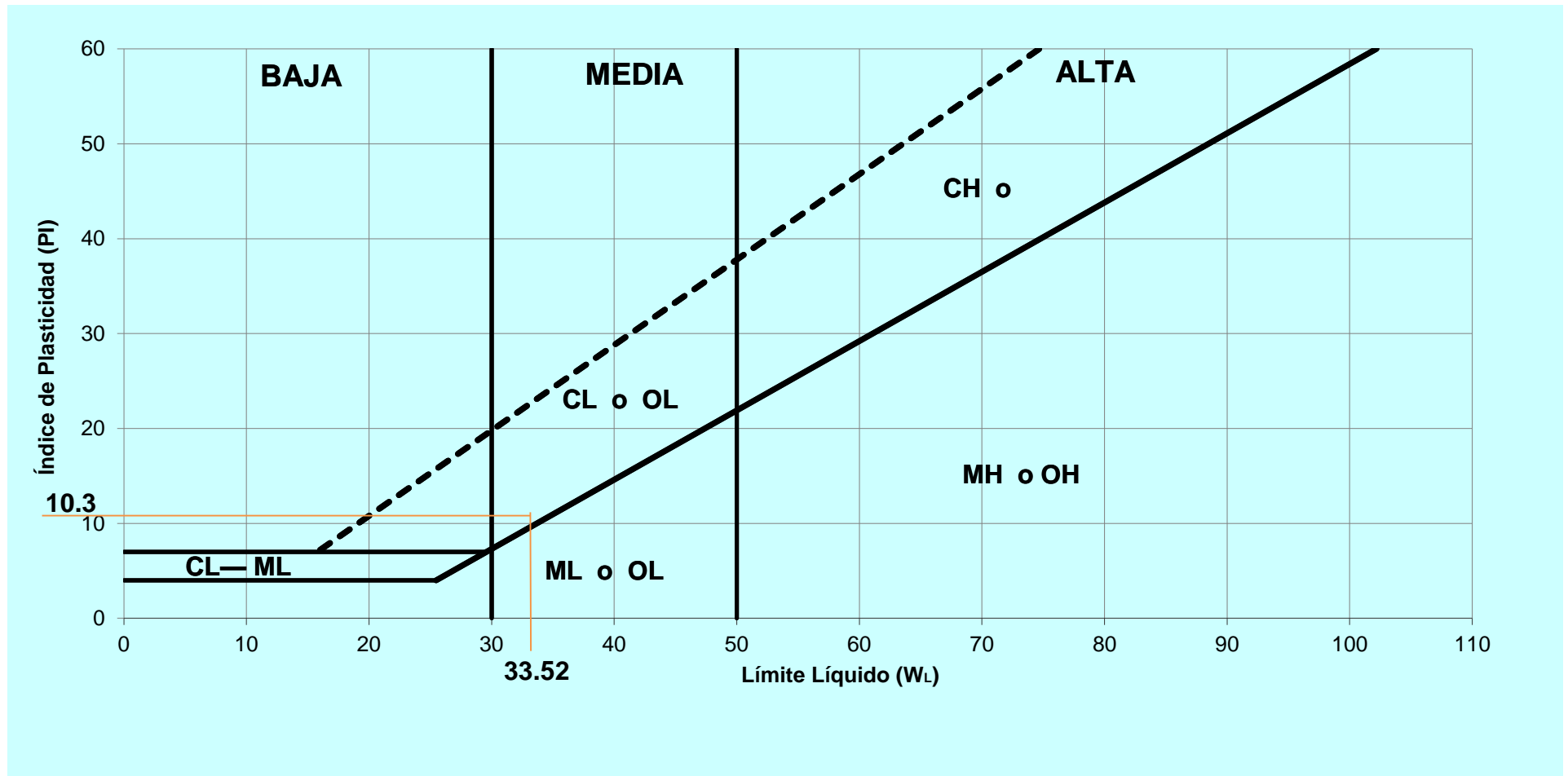


Figura 47: Carta de plasticidad.



Fuente: NTP.339.134.1999.

Tabla 39: Clasificación de suelos (SUCS).

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.	$C_u = D_{60} / D_{10} > 4$ $C_c = (D_{30})^2 / D_{10} * D_{60}$ entre 1 y 3
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava – arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz N°200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW
		Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla N° 04.	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de atterberg debajo de la línea A o IP <4 Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo
	ARENAS	GRAVAS CON FINOS	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	<5% ->GW,GP,SW,SP Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7
		(Apreciable cantidad de finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$C_u = D_{60} / D_{10} > 6$ $C_c = (D_{30})^2 / D_{10} * D_{60}$ entre 1 y 3
		Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N° 04	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	>12% ->GM,GC,SM,SC Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW
MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200	ARENAS LIMPIAS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo. Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.	5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo Límites de atterberg debajo de la línea A o IP <4 Límites de atterberg sobre la línea A con IP > 7	
	(pocos o sin finos)	SC		Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de doble símbolo.	
	(apreciable cantidad de finos)				

Fuente: NTP.339.13.1999.

2.2.1 Proctor modificado.

Tabla 40: Determinación del proctor modificado para el adobe patrón.

PROCTOR MODIFICADO MUESTRA PATRON									
MOLDE N°	1		2		3		4		
Peso molde (gr)	4185		4185		4185		4185		
Pmh + molde (gr)	6166		6203		6245		6250		
Pmh (gr)	1981		2018		2060		2065		
Vmh (cm ³)	947.87		947.87		947.87		947.87		
Dh (gr/cm ³)	2.09		2.13		2.17		2.18		
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b	
Pt (gr)	27.20	27.20	26.20	28.10	27.70	27.90	27.50	28.00	
Pmh + t (gr)	100.10	106.40	112.70	110.70	118.80	114.00	106.90	107.60	
Pms + t (gr)	94.60	100.70	105.40	103.50	109.20	104.90	97.40	98.00	
Pw (gr)	5.5	5.7	7.3	7.2	9.6	9.1	9.5	9.6	
Pms (gr)	67.4	73.5	79.2	75.4	81.5	77	69.9	70	
W (%)	8.16	7.76	9.22	9.55	11.78	11.82	13.59	13.71	
W prom (%)	7.96		9.38		11.80		13.65		
Ds (gr/cm ³)	1.94		1.95		1.94		1.92		

Gráfico 1: Curva para la determinación del contenido de humedad óptimo patrón

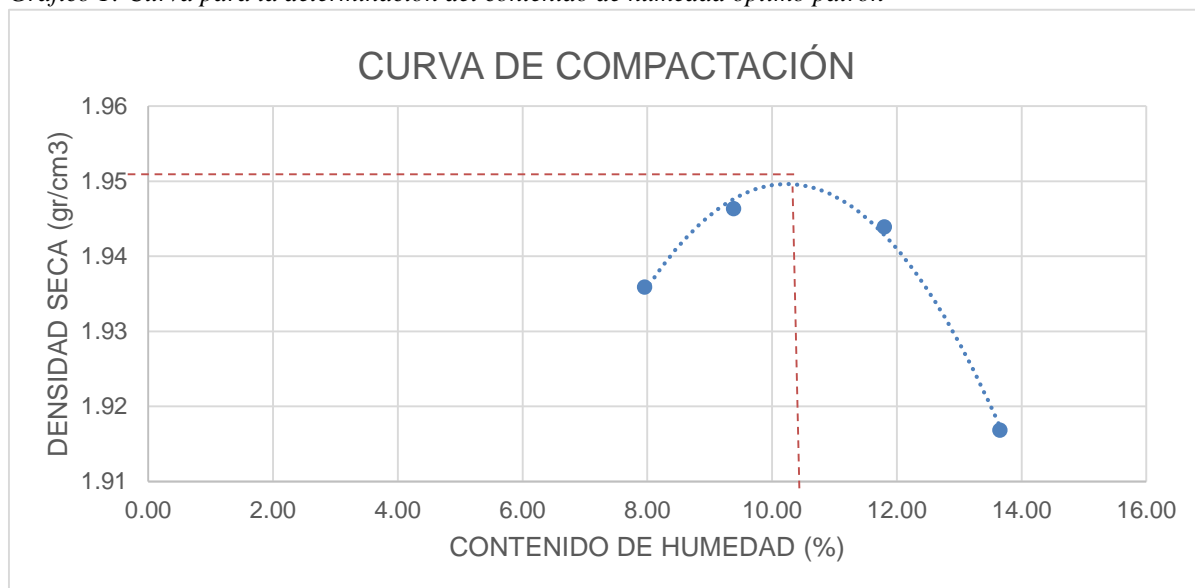


Tabla 41: Resultados del ensayo proctor modificado patrón.

Densidad máxima.	1.95	(gr/cm ³)
Contenido de humedad óptimo.	10.3	(%)

Tabla 42: Determinación del proctor modificado para el adobe patrón con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.

PROCTOR MODIFICADO + 5% LADRILLO DE DESPERDICIO DE LADRILLO									
MOLDE N°	1		2		3		4		
Peso molde (gr)	4185		4185		4185		4185		
Pmh + molde (gr)	6010		6145		6165		6130		
Pmh (gr)	1825		1960		1980		1945		
Vmh (cm ³)	947.87		947.87		947.87		947.87		
Dh (gr/cm ³)	1.93		2.07		2.09		2.05		
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b	
Pt (gr)	27.2	25.9	26.7	27.6	27.7	27.9	28	27.9	
Pmh + t (gr)	115	110.1	115.4	109.7	96.1	91.3	114.4	114.4	
Pms + t (gr)	104.7	100.3	103.5	98.5	86.1	82	100.4	100.8	
Pw (gr)	10.3	9.8	11.9	11.2	10	9.3	14	13.6	
Pms (gr)	77.5	74.4	76.8	70.9	58.4	54.1	72.4	72.9	
W (%)	13.29	13.17	15.49	15.80	17.12	17.19	19.34	18.66	
W prom (%)	13.23		15.65		17.16		19.00		
Ds (gr/cm ³)	1.70		1.79		1.78		1.72		

Figura 48: Curva para la determinación del contenido de humedad óptimo con el reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.

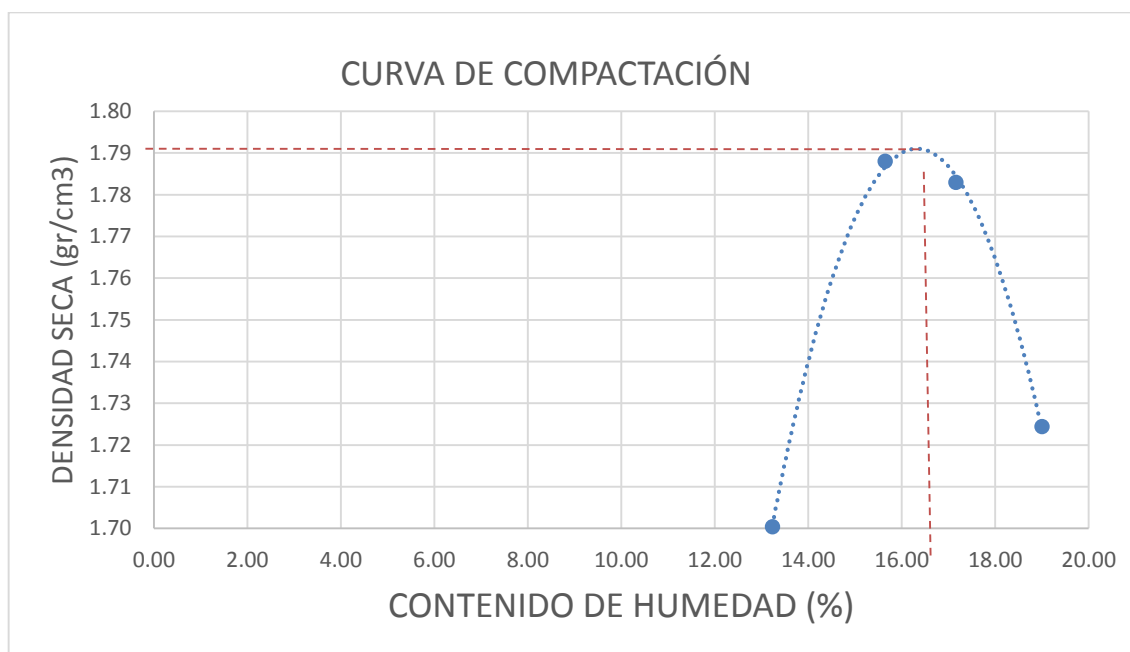


Tabla 43: Resultados del ensayo proctor modificado con el reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.

Densidad máxima.	1.791	(gr/cm ³)
Contenido de humedad óptimo.	16.3	(%)

Tabla 44: Determinación del proctor modificado para el adobe patrón con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo.

PROCTOR MODIFICADO MUESTRA + 10% LADRILLO MOLIDO

MOLDE N°	1		2		3		4	
Peso molde (gr)	4185		4185		4185		4185	
Pmh + molde (gr)	5975		6075		6160		6190	
Pmh (gr)	1790		1890		1975		2005	
Vmh (cm ³)	947.87		947.87		947.87		947.87	
Dh (gr/cm ³)	1.89		1.99		2.08		2.12	
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b
Pt (gr)	27.2	27.6	26.8	26	27.7	27.8	28	27.9
Pmh + t (gr)	116.3	104.3	118.7	115.1	114.3	116.6	116.5	115.2
Pms + t (gr)	107.6	96.7	108.4	105.2	103.4	105.4	104.4	103.3
Pw (gr)	8.7	7.6	10.3	9.9	10.9	11.2	12.1	11.9
Pms (gr)	80.4	69.1	81.6	79.2	75.7	77.6	76.4	75.4
W (%)	10.82	11.00	12.62	12.50	14.40	14.43	15.84	15.78
W prom (%)	10.91		12.56		14.42		15.81	
Ds (gr/cm ³)	1.70		1.77		1.82		1.83	

Figura 49: Curva para la determinación del contenido de humedad óptimo con el reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo.

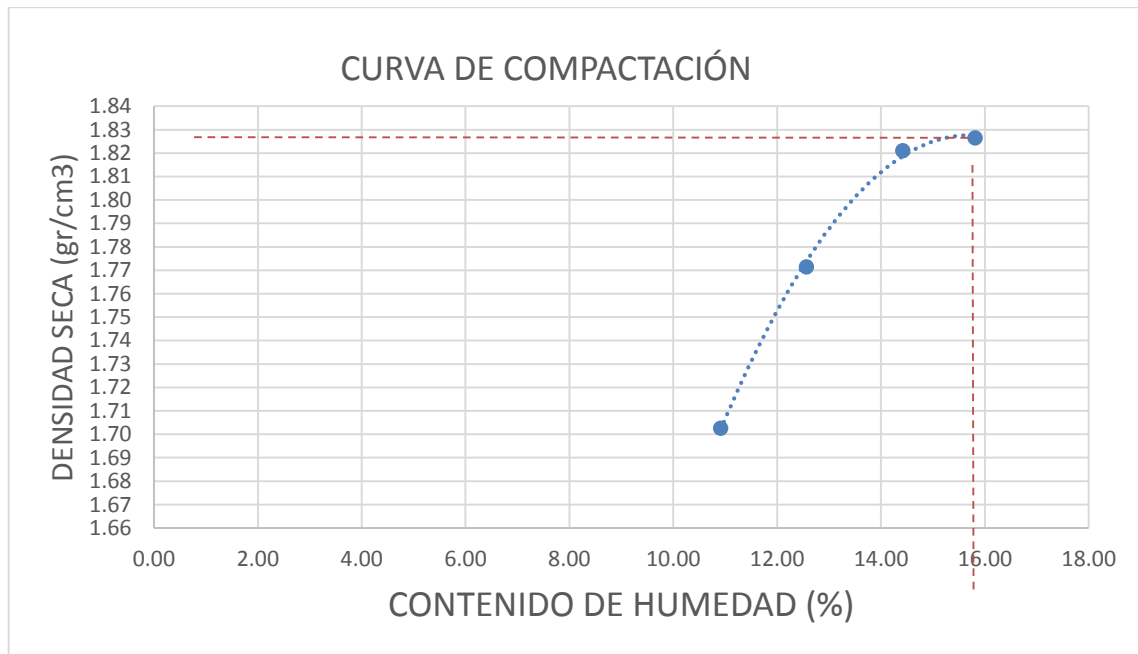


Tabla 45: Resultados del ensayo proctor modificado con el reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo.

Densidad máxima.	1.828	(gr/cm ³)
Contenido de humedad óptimo.	15.3	(%)

Tabla 46: Determinación del proctor modificado para el adobe patrón con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo.

PROCTOR MODIFICADO MUESTRA + 15% LADRILLO MOLIDO									
MOLDE N°	1		2		3		4		
Peso molde (gr)	4185		4185		4185		4185		
Pmh + molde (gr)	6000		6090		6160		6200		
Pmh (gr)	1815		1905		1975		2015		
Vmh (cm ³)	947.87		947.87		947.87		947.87		
Dh (gr/cm ³)	1.91		2.01		2.08		2.13		
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b	
Pt (gr)	28	28.2	27.8	28.3	28	27.9	27.1	27.9	
Pmh + t (gr)	113.8	103.9	116.9	112.7	117.4	115.8	112.9	116.8	
Pms + t (gr)	106.4	97.3	107.5	104.4	106.9	105.3	101.1	105	
Pw (gr)	7.4	6.6	9.4	8.3	10.5	10.5	11.8	11.8	
Pms (gr)	78.4	69.1	79.7	76.1	78.9	77.4	74	77.1	
W (%)	9.44	9.55	11.79	10.91	13.31	13.57	15.95	15.30	
W prom (%)	9.50		11.35		13.44		15.63		
Ds (gr/cm ³)	1.75		1.80		1.84		1.84		

Figura 50: Curva para la determinación del contenido de humedad óptimo con el reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo.

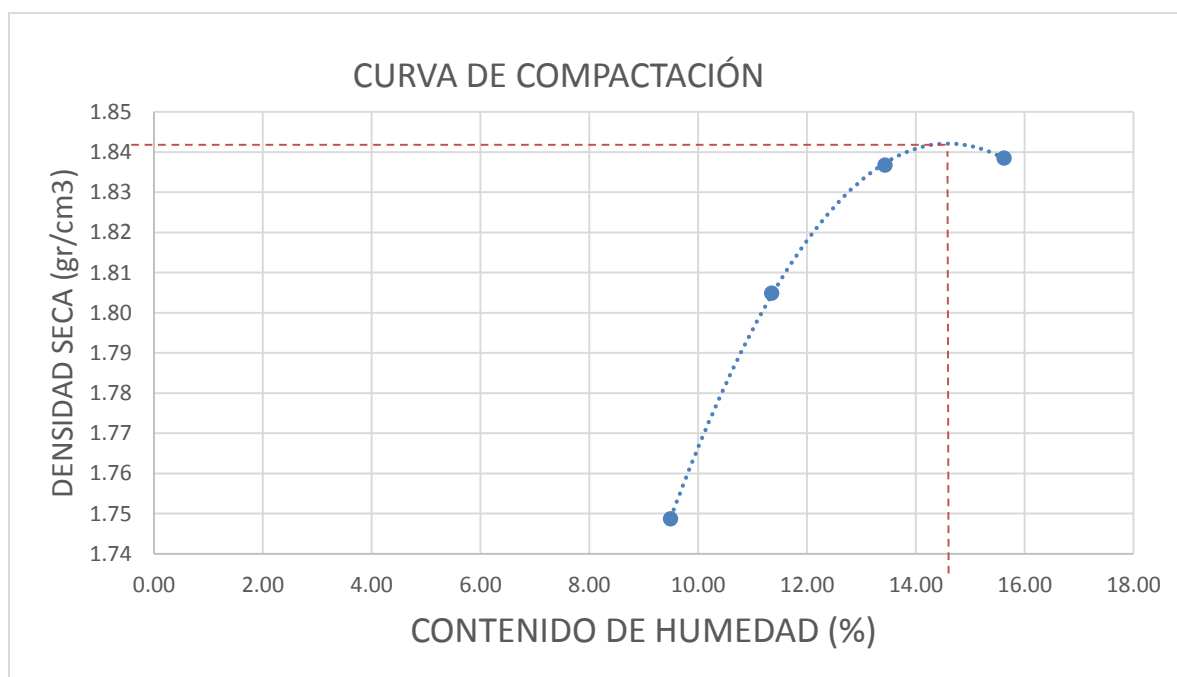


Tabla 47: Resultados del ensayo proctor modificado con el reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo.

Densidad máxima.	1.843	(gr/cm ³)
Contenido de humedad óptimo.	14.5	(%)

2.2.1 Cálculo de tierra, ladrillo molido y agua para resistencia a compresión.

Tabla 48: Cantidad de tierra y ladrillo para resistencia a compresión.

Porcentaje de ladrillo triturado(%)	Cantidad de ladrillo triturado(g)	Cantidad de suelo por unidad compactada(g)	Peso por unidad de ladrillo(Kg)	Cantidad de ladrillos king kong por unidad	Cantidad de tierra por unidad (Kg)	Cantidad de adobes (Und)	Cantidad de ladrillos King Kong (Und)	Cantidad de tierra (Kg)
0	0	9500	0.94	0.000	9.50	7	0.00	66.50
5	475	9025	0.94	0.500	9.03	7	3.50	63.18
10	950	8550	0.94	1.000	8.55	7	7.00	59.85
15	1425	8075	0.94	1.500	8.08	7	10.50	56.53
						Total	21.00	246.05

Tabla 49: Cantidad de agua para resistencia a compresión

Porcentaje de ladrillo triturado(%)	Cantidad de tierra y ladrillo para cada adobe(g)	Con. Hum. óptimo(%)	Cantidad de agua por unidad de adobe (gr)	Cantidad de agua por unidad de Adobe (lt)	Cantidad de Adobes (Und)	Cantidad agua por unidades de adobe (lt)
0	9500	10.3	978.50	0.9785	7	6.850
5	9500	16.3	1548.50	1.5485	7	10.840
10	9500	15.8	1501.00	1.501	7	10.507
15	9500	14.5	1377.50	1.3775	7	9.643
					Total	37.84

2.2.1 Cantidad de tierra, ladrillo y agua para resistencia a flexión.

Tabla 50: Cantidad de tierra y ladrillo para resistencia a flexión.

Porcentaje de ladrillo triturado(%)	Cantidad de ladrillo triturado(g)	Cantidad de suelo por unidad compactada(g)	Peso por unidad de ladrillo(Kg)	Cantidad de ladrillos king kong por unidad	Cantidad de tierra por unidad (Kg)	Cantidad de adobes (Und)	Cantidad de ladrillos king kong (Und)	Cantidad de tierra (Kg)
0	0	9500	0.94	0.000	9.50	7	0.00	33.25
5	475	9025	0.94	0.500	9.03	7	1.75	31.59
10	950	8550	0.94	1.000	8.55	7	3.50	29.93
15	1425	8075	0.94	1.500	8.08	7	5.25	28.26
						Total	10.50	123.03

Tabla 51: Cantidad de agua para resistencia a flexión.

Porcentaje de ladrillo triturado(%)	Cantidad de tierra y ladrillo para cada adobe(g)	Con. Hum. óptimo(%)	Cantidad de agua por unidad de adobe (gr)	Cantidad de agua por unidad de Adobe (lt)	Cantidad de adobes (Und)	Cantidad agua por unidades de adobe (lt)
0	9500	10.3	978.50	0.9785	7	3.425
5	9500	16.3	1548.50	1.5485	7	5.420
10	9500	15.8	1501.00	1.501	7	5.254
15	9500	14.5	1377.50	1.3775	7	4.821
					Total	18.92

2.2.1 Pruebas de resistencia a la compresión.

2.2.1.1 Adobe patrón.

Tabla 52: Dimensiones de espécimen patrón E-01.

Espécimen patrón E-01		
Largo	15.82	cm
Ancho	15.52	cm
Altura	10.20	cm
Área	245.53	cm ²

Tabla 53: Resistencia a compresión, adobe patrón E-01.

Nº	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	1.68	2.04	0.011
2	1000	2.18	4.07	0.014
3	1500	2.65	6.11	0.017
4	2000	2.80	8.15	0.018
5	2500	3.12	10.18	0.020
6	3000	3.51	12.22	0.023
7	3500	3.95	14.26	0.025
8	4000	4.40	16.29	0.028
9	4500	5.30	18.33	0.034
10	4519	5.45	18.41	0.035

Figura 51: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-01.

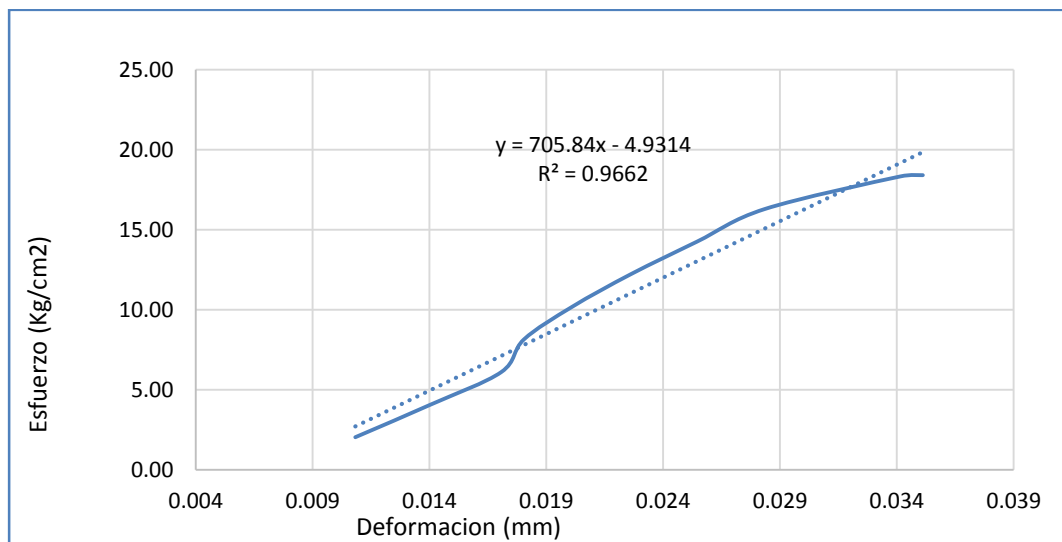


Tabla 54: Dimensiones de espécimen patrón E-02.

Espécimen patrón E-02		
Largo	15.50	cm
Ancho	14.00	cm
Altura	10.30	cm
Área	217.00	cm ²

Tabla 55: Resistencia a compresión, adobe patrón E-02.

Nº	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵu
1	500	2.05	2.30	0.015
2	1000	2.57	4.61	0.018
3	1500	3.05	6.91	0.022
4	2000	3.50	9.22	0.025
5	2500	4.06	11.52	0.029
6	3000	4.52	13.82	0.032
7	3500	5.04	16.13	0.036
8	3964	5.63	18.27	0.040

Figura 52: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-02.

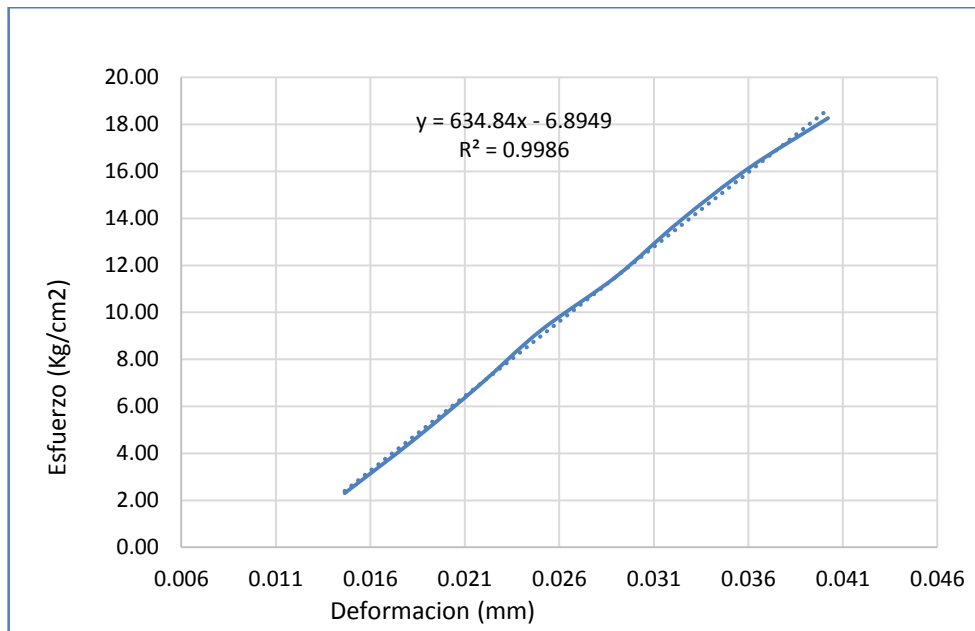


Tabla 56: Dimensiones de espécimen patrón E-03.

Espécimen patrón E-03		
Largo	15.60	cm
Ancho	14.92	cm
Altura	10.45	cm
Área	232.75	cm ²

Tabla 57: Resistencia a compresión, adobe patrón E-03.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	1.3	2.15	0.009
2	1000	1.95	4.30	0.013
3	1500	2.48	6.44	0.017
4	2000	2.94	8.59	0.020
5	2500	3.38	10.74	0.023
6	3000	3.75	12.89	0.025
7	3500	4.2	15.04	0.028
8	4000	4.54	17.19	0.030
9	4500	5.05	19.33	0.034
10	4936	5.43	21.21	0.036

Figura 53: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-03.

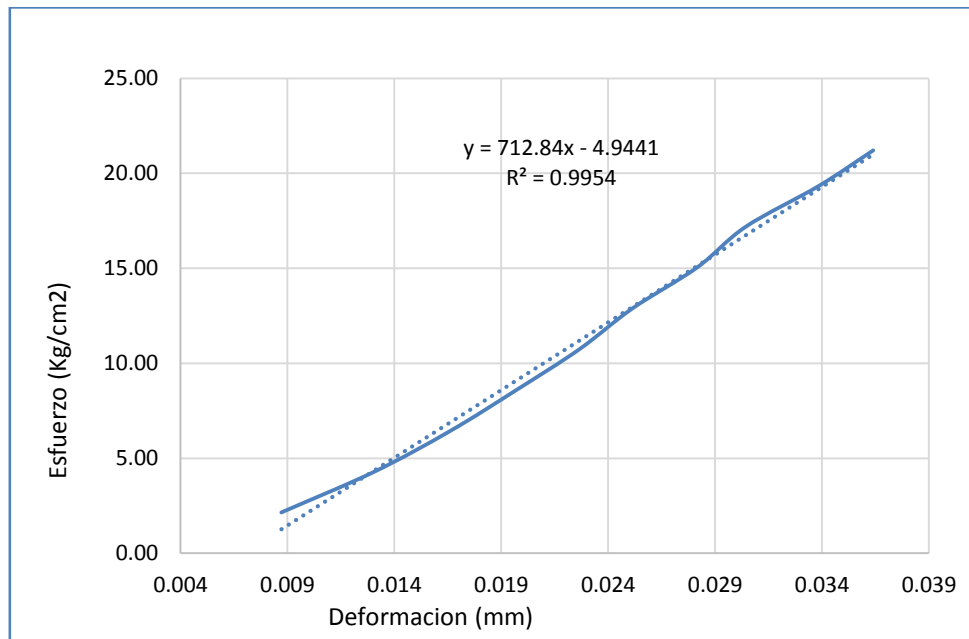


Tabla 58: Dimensiones de espécimen patrón E-04.

Espécimen patrón E-04		
Largo	15.51	cm
Ancho	15.50	cm
Altura	10.50	cm
Área	240.41	cm ²

Tabla 59: Resistencia a compresión, adobe patrón E-04.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵu
1	500	0.90	2.08	0.006
2	1000	1.40	4.16	0.009
3	1500	1.82	6.24	0.012
4	2000	2.60	8.32	0.017
5	2500	3.00	10.40	0.019
6	3000	3.55	12.48	0.023
7	3500	3.95	14.56	0.025
8	4000	4.50	16.64	0.029
9	4500	5.18	18.72	0.033
10	5000	5.68	20.80	0.037
11	5137	5.87	21.37	0.038

Figura 54: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-04.

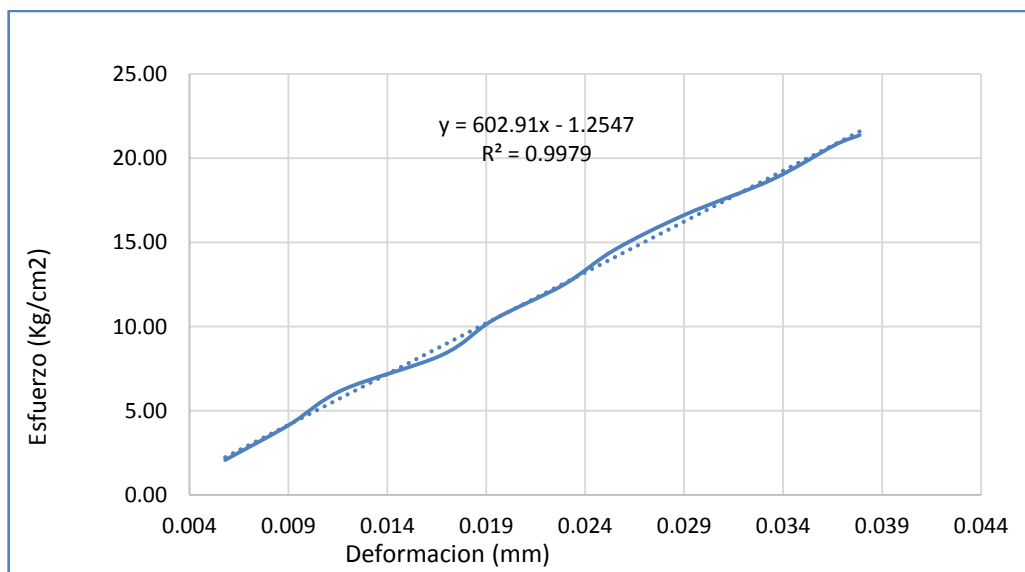


Tabla 60: Dimensiones de espécimen patrón E-05.

Espécimen patrón E-05		
Largo	15.60	cm
Ancho	14.50	cm
Altura	10.28	cm
Área	226.20	cm ²

Tabla 61: Resistencia a compresión, adobe patrón E-05.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	0.59	2.21	0.004
2	1000	1.08	4.42	0.008
3	1500	1.51	6.63	0.011
4	2000	1.88	8.84	0.013
5	2500	2.08	11.05	0.015
6	3000	2.47	13.26	0.018
7	3500	2.90	15.47	0.021
8	4000	3.19	17.68	0.023
9	4500	3.66	19.89	0.026
10	4538	3.82	20.06	0.027

Figura 55: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-05.

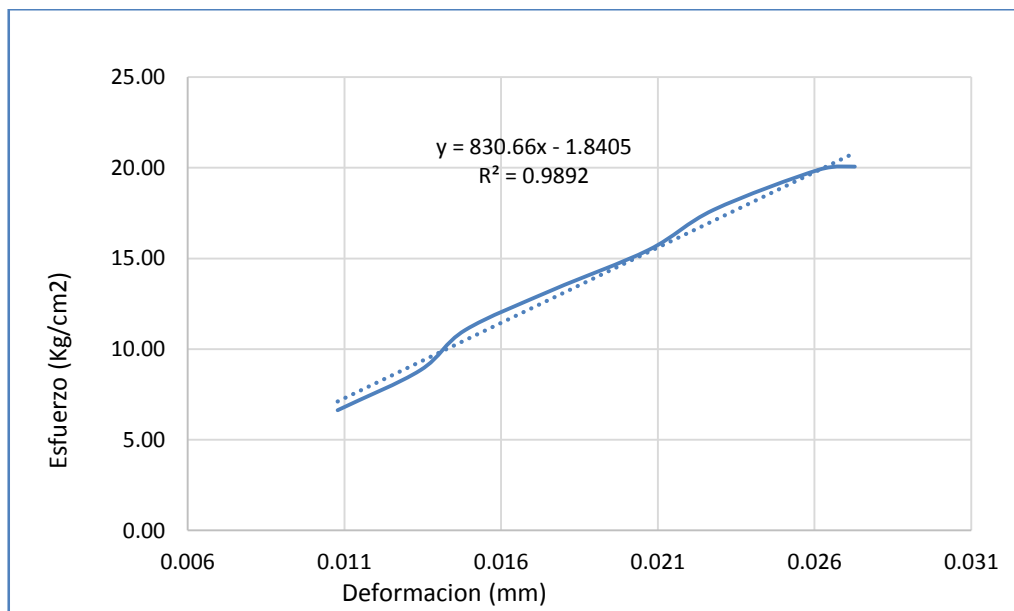


Tabla 62: Dimensiones de espécimen patrón E-06.

Espécimen patrón E-06		
Largo	15.50	cm
Ancho	14.55	cm
Altura	10.30	cm
Área	225.53	cm ²

Tabla 63: Resistencia a compresión, adobe patrón E-06.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	0.88	2.15	0.006
2	1000	1.19	4.30	0.008
3	1500	1.48	6.44	0.010
4	2000	2.05	8.59	0.014
5	2500	2.51	10.74	0.017
6	3000	2.95	12.89	0.020
7	3500	3.18	15.04	0.021
8	4000	3.75	17.19	0.025
9	4500	3.99	19.33	0.027
10	4850	4.33	20.84	0.029

Figura 56: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-06.

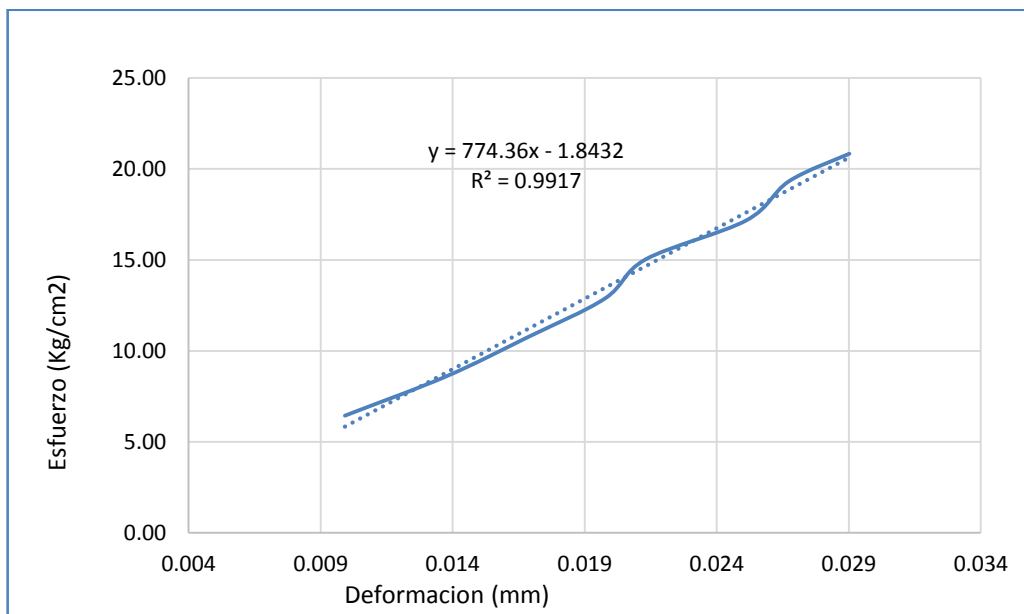


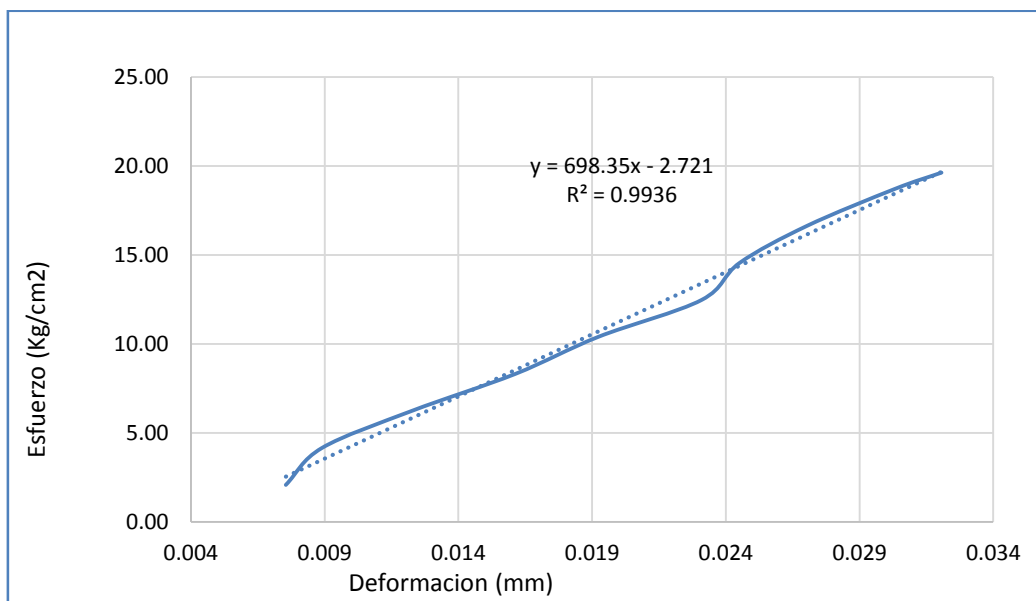
Tabla 64: Dimensiones de espécimen patrón E-07.

Espécimen patrón E-07		
Largo	15.51	cm
Ancho	14.60	cm
Altura	10.30	cm
Área	226.45	cm ²

Tabla 65: Resistencia a compresión, adobe patrón E-07.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	cu
1	500	1.17	2.08	0.008
2	1000	1.38	4.16	0.009
3	1500	1.90	6.24	0.012
4	2000	2.50	8.32	0.016
5	2500	2.98	10.40	0.019
6	3000	3.58	12.48	0.023
7	3500	3.80	14.56	0.025
8	4000	4.19	16.64	0.027
9	4500	4.70	18.72	0.030
10	4720	4.97	19.63	0.032

Figura 57: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón E-07.



2.2.1.1 Adobe con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.

Tabla 66: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-01.

Espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-01		
Largo	15.40	cm
Ancho	13.30	cm
Altura	10.20	cm
Área	204.82	cm ²

Tabla 67: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-01.

Nº	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	cu
1	500	1.55	2.44	0.012
2	1000	2.38	4.88	0.018
3	1500	3.40	7.32	0.026
4	2000	4.86	9.76	0.037
5	2500	5.21	12.21	0.039
6	3000	5.98	14.65	0.045
7	3500	6.19	17.09	0.047
8	4000	6.51	19.53	0.049
9	4500	6.85	21.97	0.052
10	5000	7.38	24.41	0.055
11	5011	7.52	24.47	0.057

Figura 58: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-01.

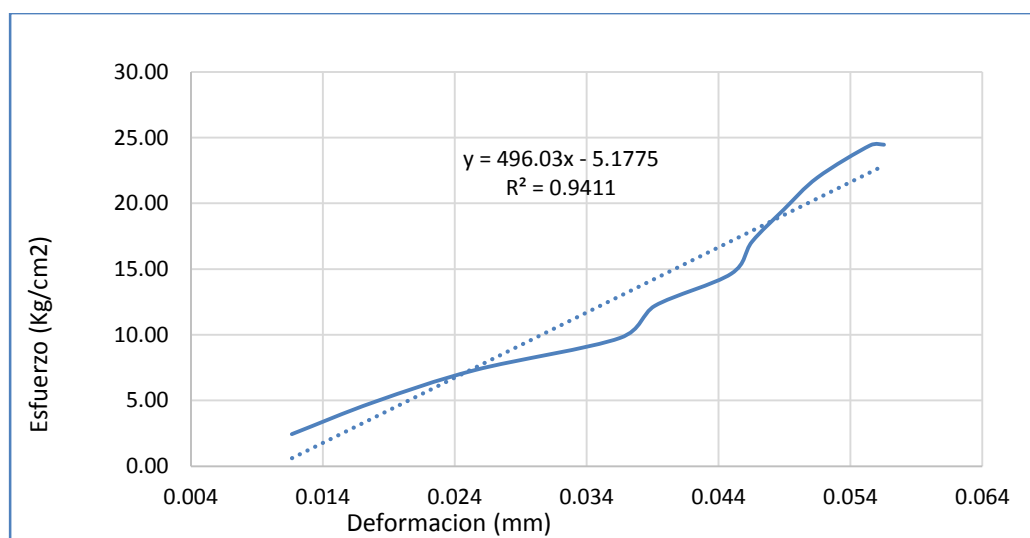


Tabla 68: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-02.

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-02		
Largo	16.35	cm
Ancho	15.65	cm
Altura	10.30	cm
Área	255.88	cm ²

Tabla 69: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-02.

Nº	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	1.40	1.95	0.009
2	1000	1.92	3.91	0.012
3	1500	2.50	5.86	0.016
4	2000	3.10	7.82	0.020
5	2500	3.81	9.77	0.024
6	3000	4.18	11.72	0.027
7	3500	4.67	13.68	0.030
8	4000	5.01	15.63	0.032
9	4500	5.34	17.59	0.034
10	5000	5.90	19.54	0.038
11	5445	6.18	21.28	0.039

Figura 59: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-02.

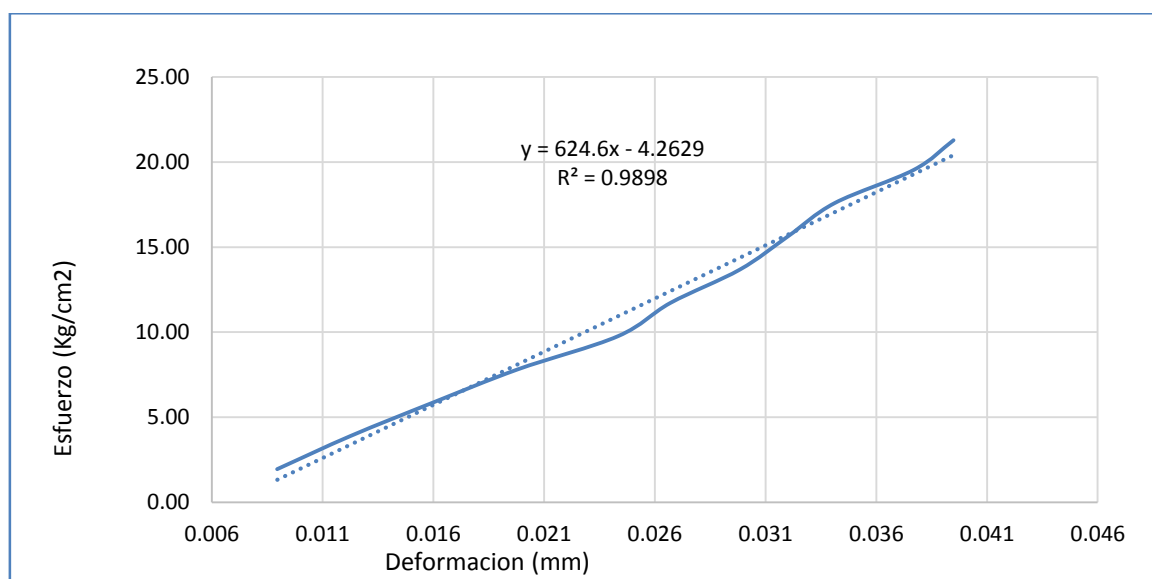


Tabla 70: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-03.

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-03		
Largo	15.55	cm
Ancho	15.55	cm
Altura	10.30	cm
Área	241.80	cm ²

Tabla 71: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-03.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	1.50	2.07	0.010
2	1000	2.30	4.14	0.015
3	1500	2.70	6.20	0.017
4	2000	3.10	8.27	0.020
5	2500	3.80	10.34	0.024
6	3000	4.05	12.41	0.026
7	3500	4.75	14.47	0.031
8	4000	5.05	16.54	0.032
9	4500	5.70	18.61	0.037
10	5000	5.95	20.68	0.038
11	5500	6.30	22.75	0.041
12	5845	6.63	24.17	0.043

Figura 60: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-03.

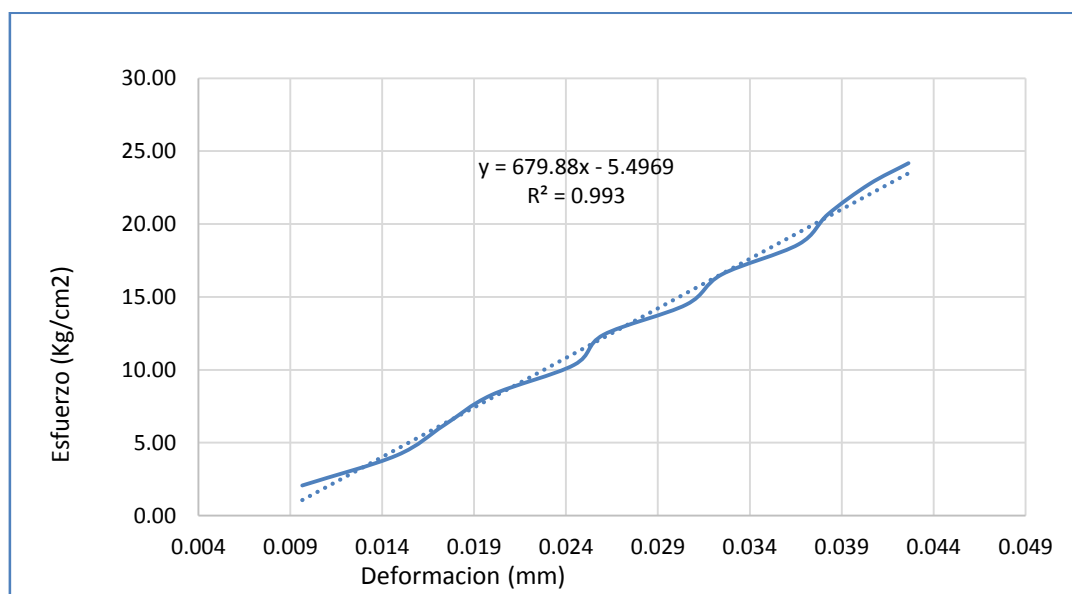


Tabla 72: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-04.

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-04		
Largo	15.60	cm
Ancho	14.20	cm
Altura	10.10	cm
Área	221.52	cm ²

Tabla 73: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-04.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	500	1.20	2.26	0.008
2	1000	1.90	4.51	0.013
3	1500	2.35	6.77	0.017
4	2000	2.90	9.03	0.020
5	2500	3.80	11.29	0.027
6	3000	4.00	13.54	0.028
7	3500	4.38	15.80	0.031
8	4000	4.75	18.06	0.033
9	4500	5.10	20.31	0.036
10	5000	5.38	22.57	0.038
11	5368	5.83	24.23	0.041

Figura 61: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-04.

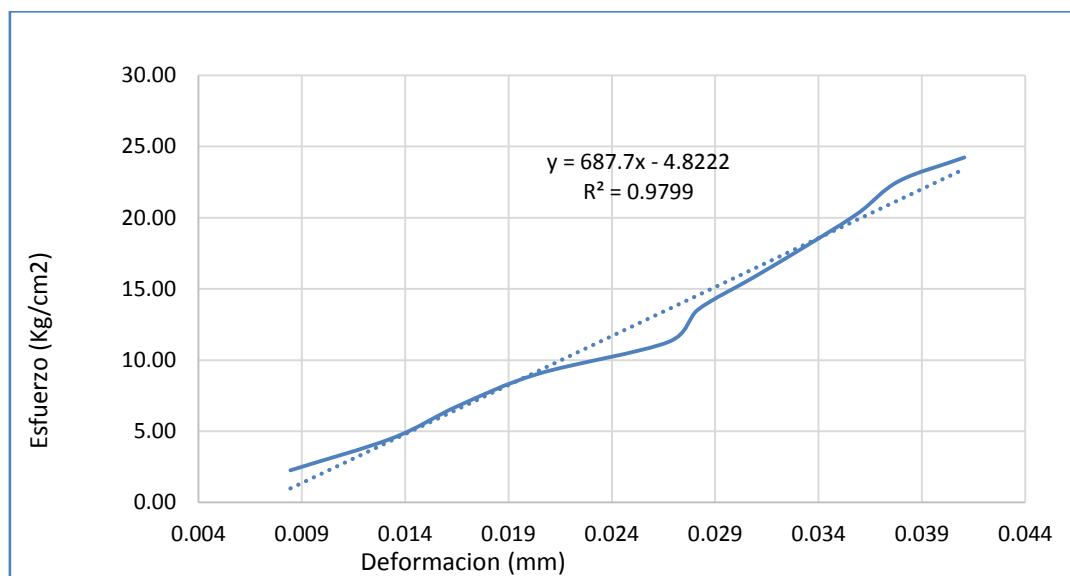


Tabla 74: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-05.

Espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-05		
Largo	15.65	cm
Ancho	14.45	cm
Altura	10.20	cm
Área	226.14	cm ²

Tabla 75: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-05.

Nº	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	cu
1	500	2.60	2.21	0.017
2	1000	3.15	4.42	0.020
3	1500	3.75	6.63	0.024
4	2000	4.50	8.84	0.029
5	2500	5.60	11.05	0.036
6	3000	5.90	13.27	0.038
7	3500	6.35	15.48	0.041
8	4000	6.78	17.69	0.043
9	4500	7.10	19.90	0.045
10	5000	7.52	22.11	0.048
12	5500	7.95	24.32	0.051
13	5642	8.09	24.95	0.052

Figura 62: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-05.

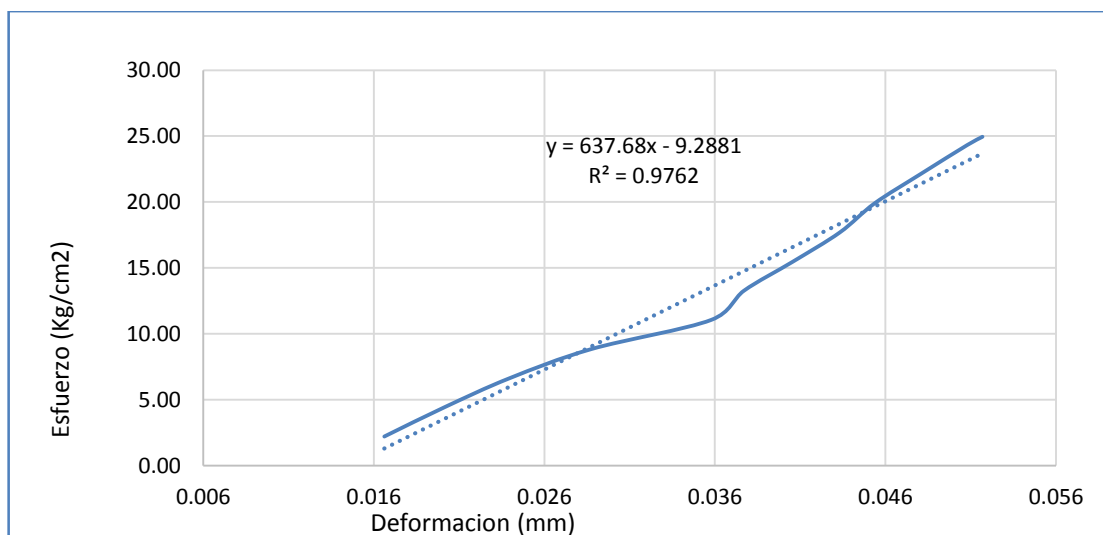


Tabla 76: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-06.

Espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-06		
Largo	16.14	cm
Ancho	15.65	cm
Altura	10.22	cm
Área	252.59	cm ²

Tabla 77: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-06.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	2.55	2.07	0.016
2	1000	3.10	4.14	0.020
3	1500	3.60	6.20	0.023
4	2000	4.12	8.27	0.026
5	2500	4.60	10.34	0.030
6	3000	5.10	12.41	0.033
7	3500	5.90	14.47	0.038
8	4000	6.18	16.54	0.040
9	4500	6.55	18.61	0.042
10	5000	7.05	20.68	0.045
11	5368	7.29	22.20	0.047

Figura 63: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-06.

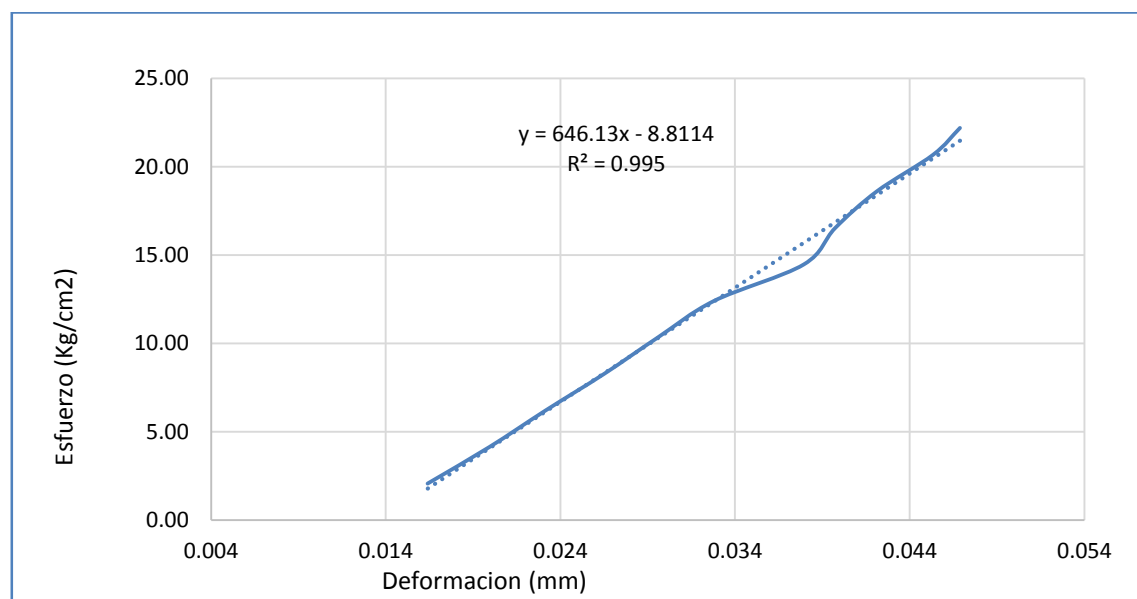


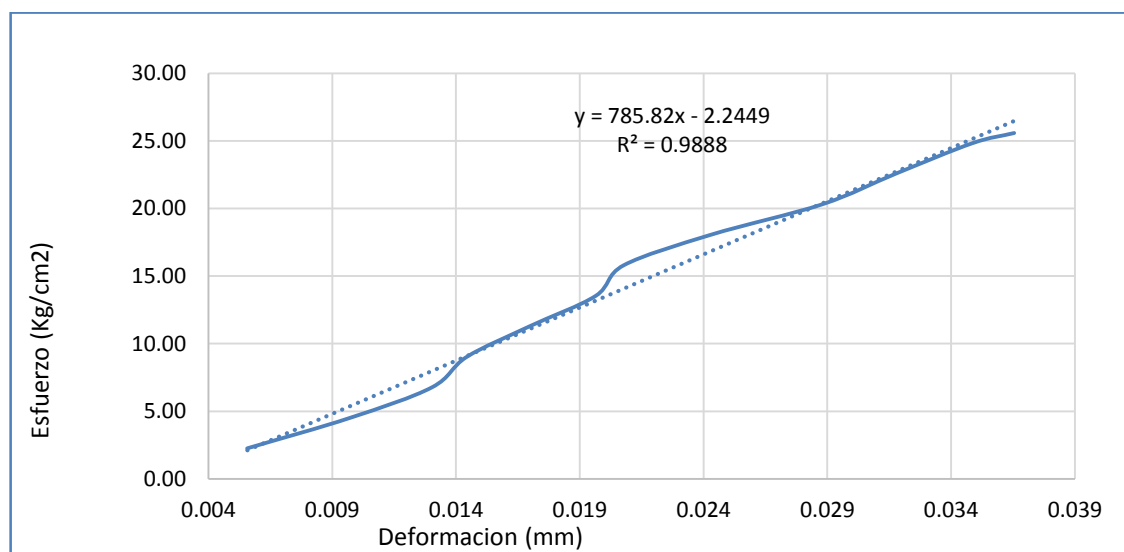
Tabla 78: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-06.

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-07		
Largo	15.70	cm
Ancho	14.50	cm
Altura	10.30	cm
Área	227.65	cm ²

Tabla 79: Resistencia a compresión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-07.

Nº	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	500	0.79	2.26	0.006
2	1000	1.38	4.51	0.010
3	1500	1.85	6.77	0.013
4	2000	2.05	9.03	0.014
5	2500	2.41	11.29	0.017
6	3000	2.79	13.54	0.020
7	3500	2.95	15.80	0.021
8	4000	3.45	18.06	0.024
9	4500	4.09	20.31	0.029
10	5000	4.51	22.57	0.032
11	5500	4.95	24.83	0.035
12	5667	5.19	25.58	0.037

Figura 64: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo E-07.



2.2.1.1 Adobe con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo.

Tabla 80: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-01.

Especimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo N°01		
Largo	14.80	cm
Ancho	15.55	cm
Altura	10.20	cm
Área	230.14	cm ²

Tabla 81: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-01.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	1.50	2.17	0.010
2	1000	2.40	4.35	0.015
3	1500	2.75	6.52	0.018
4	2000	2.95	8.69	0.019
5	2500	3.35	10.86	0.022
6	3000	3.83	13.04	0.025
7	3500	4.15	15.21	0.027
8	3618	4.28	15.72	0.028

Figura 65: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-01.

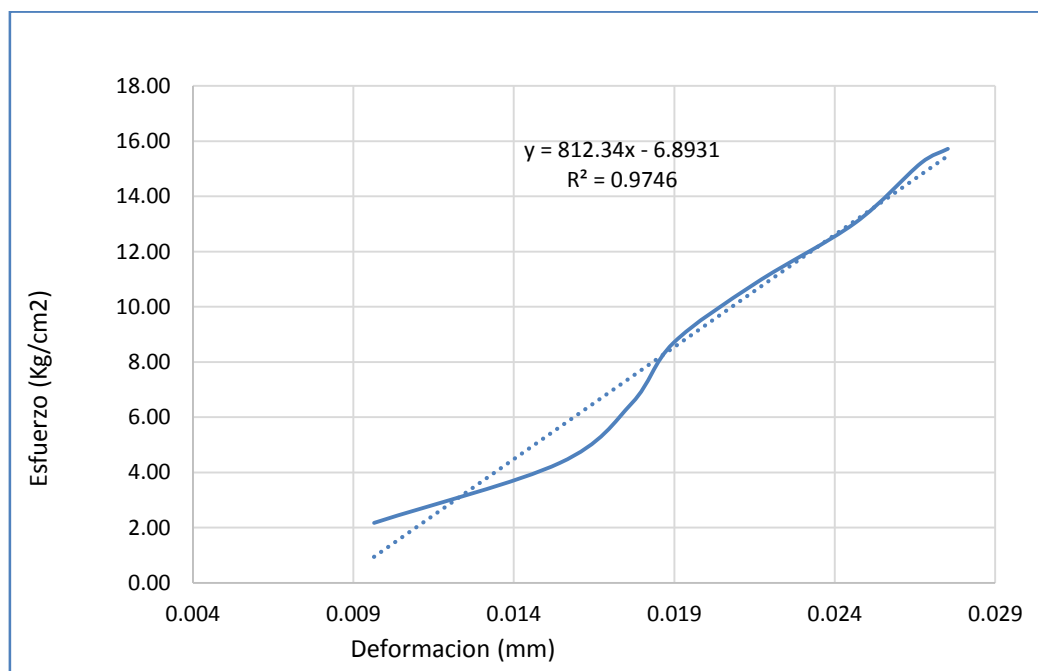


Tabla 82: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-02.

Especímen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo N°02		
Largo	15.50	cm
Ancho	13.90	cm
Altura	10.75	cm
Área	215.45	cm ²

Tabla 83: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-02.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	500	2.05	2.32	0.015
2	1000	2.70	4.64	0.019
3	1500	3.20	6.96	0.023
4	2000	3.88	9.28	0.028
5	2500	4.05	11.60	0.029
6	3000	4.75	13.92	0.034
7	3452	4.99	16.02	0.036

Figura 66: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-02.

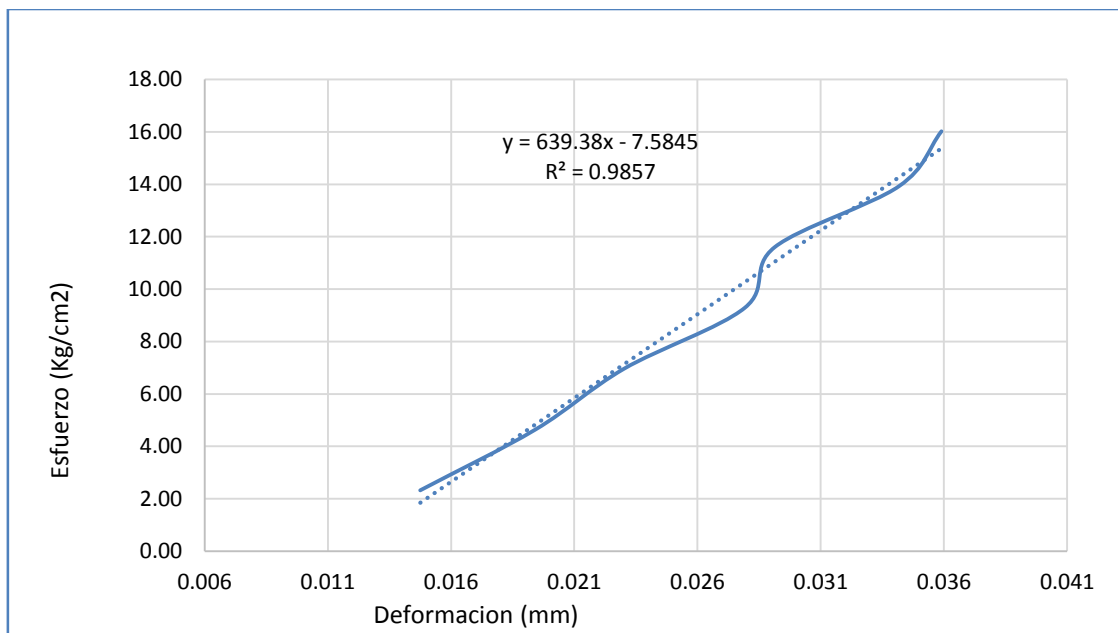


Tabla 84: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-03.

Especimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo N°03		
Largo	15.48	cm
Ancho	15.22	cm
Altura	10.30	cm
Área	235.61	cm ²

Tabla 85: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-03.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	1.50	2.12	0.010
2	1000	2.00	4.24	0.013
3	1500	2.20	6.37	0.014
4	2000	2.60	8.49	0.017
5	2500	2.90	10.61	0.019
6	3000	3.80	12.73	0.025
7	3500	4.17	14.86	0.027
8	3505	4.25	14.88	0.028

Figura 67: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-03.

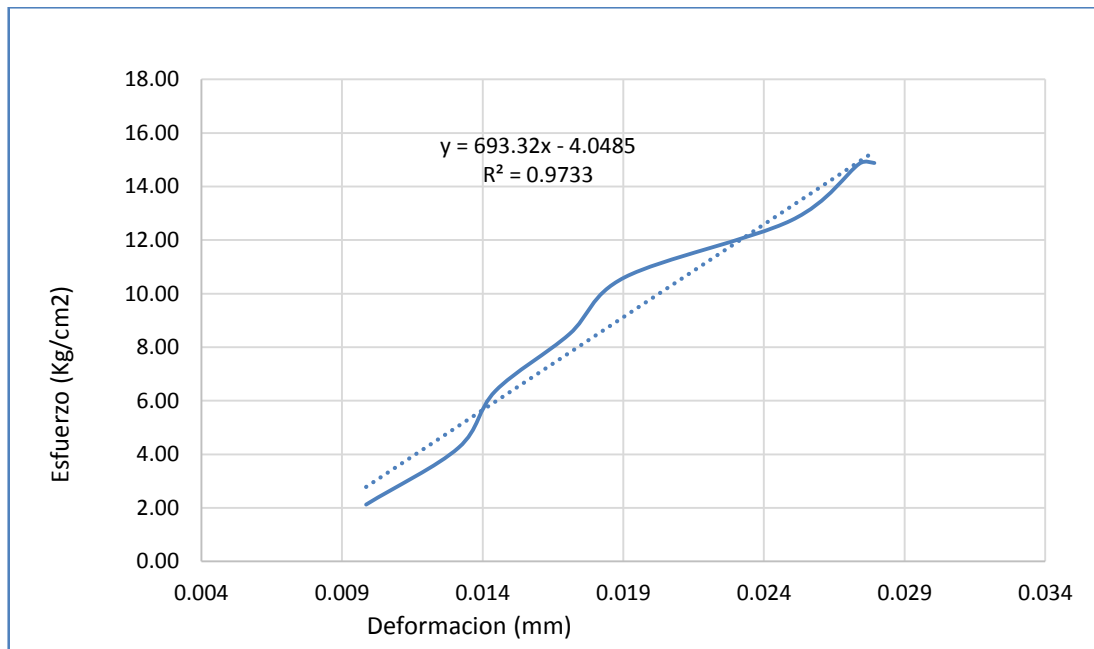


Tabla 86: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-04.

Especimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo N°04		
Largo	15.80	cm
Ancho	15.45	cm
Altura	10.28	cm
Área	244.11	cm ²

Tabla 87: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-04.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	500	1.65	2.05	0.011
2	1000	2.05	4.10	0.013
3	1500	3.55	6.14	0.023
4	2000	3.95	8.19	0.026
5	2500	5.20	10.24	0.034
6	3000	5.71	12.29	0.037
7	3500	6.10	14.34	0.039
8	3520	6.19	14.42	0.040

Figura 68: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-04.

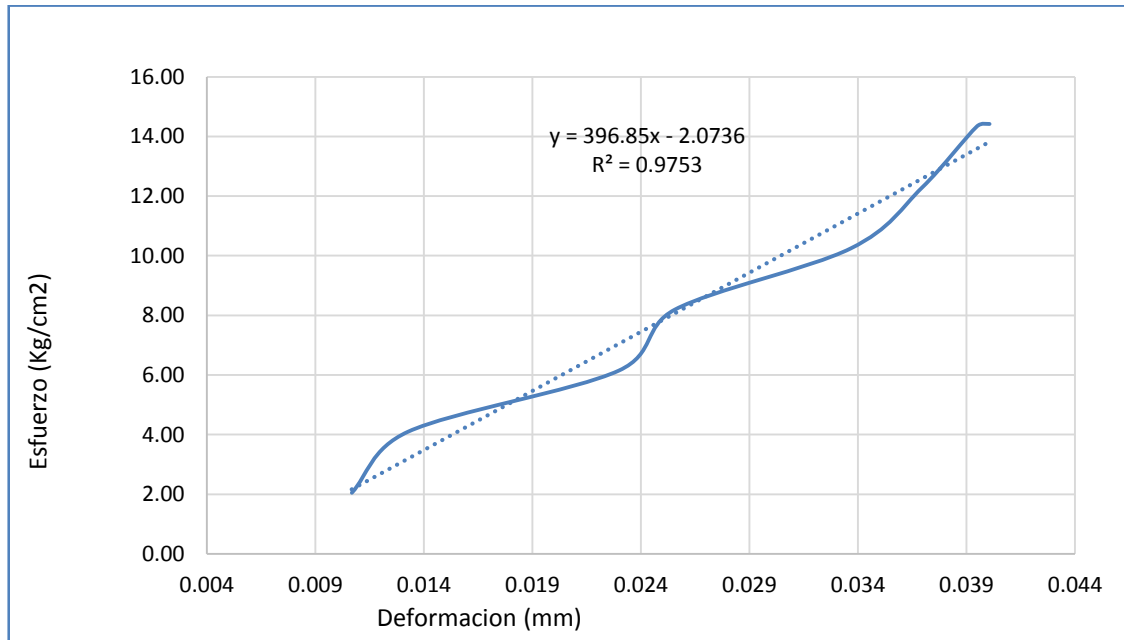


Tabla 88: Dimensiones de espécimen con adición de 10% de desperdicio de ladrillo E-05.

Especímen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo N°05		
Largo	15.40	cm
Ancho	15.32	cm
Altura	10.30	cm
Área	235.93	cm ²

Tabla 89: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-05.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	500	1.05	2.12	0.008
2	1000	1.56	4.24	0.011
3	1500	2.15	6.36	0.015
4	2000	2.68	8.48	0.019
5	2500	2.95	10.60	0.021
6	3000	3.21	12.72	0.023
7	3500	3.84	14.84	0.028
8	3796	4.01	16.09	0.029

Figura 69: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-05.

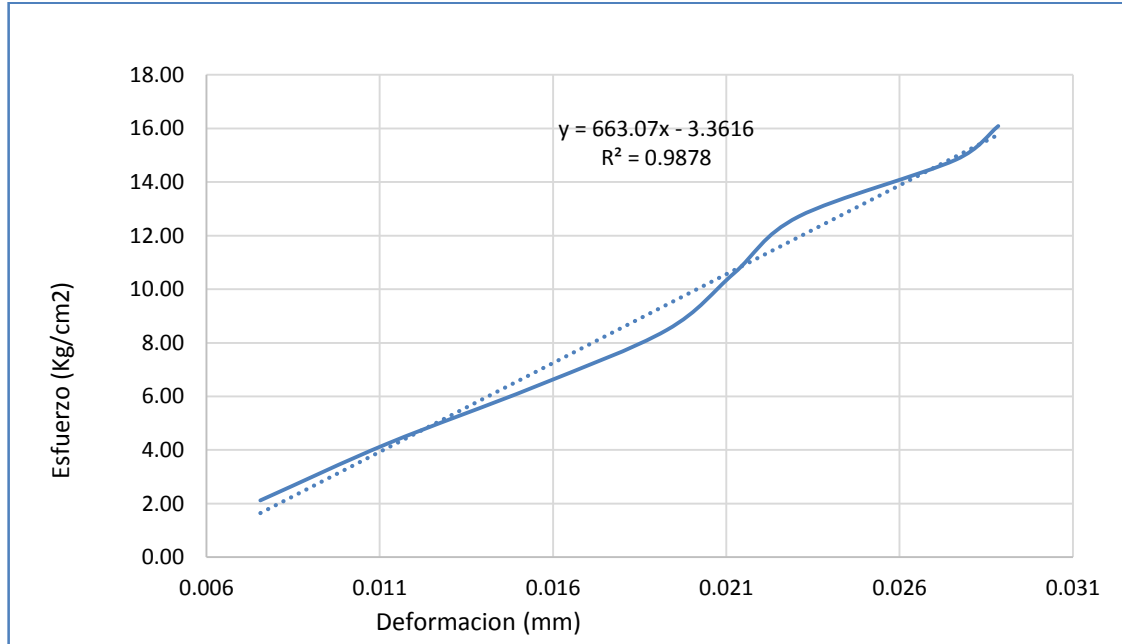


Tabla 90: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-06.

Especímen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo N°06		
Largo	14.45	cm
Ancho	14.65	cm
Altura	10.10	cm
Área	211.69	cm ²

Tabla 91: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-06.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	1.80	2.12	0.012
2	1000	2.80	4.24	0.018
3	1500	3.30	6.37	0.022
4	2000	3.78	8.49	0.025
5	2500	4.05	10.61	0.027
6	3000	4.71	12.73	0.031
7	3500	5.07	14.86	0.033
8	3518	5.18	14.93	0.034

Figura 70: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-06.

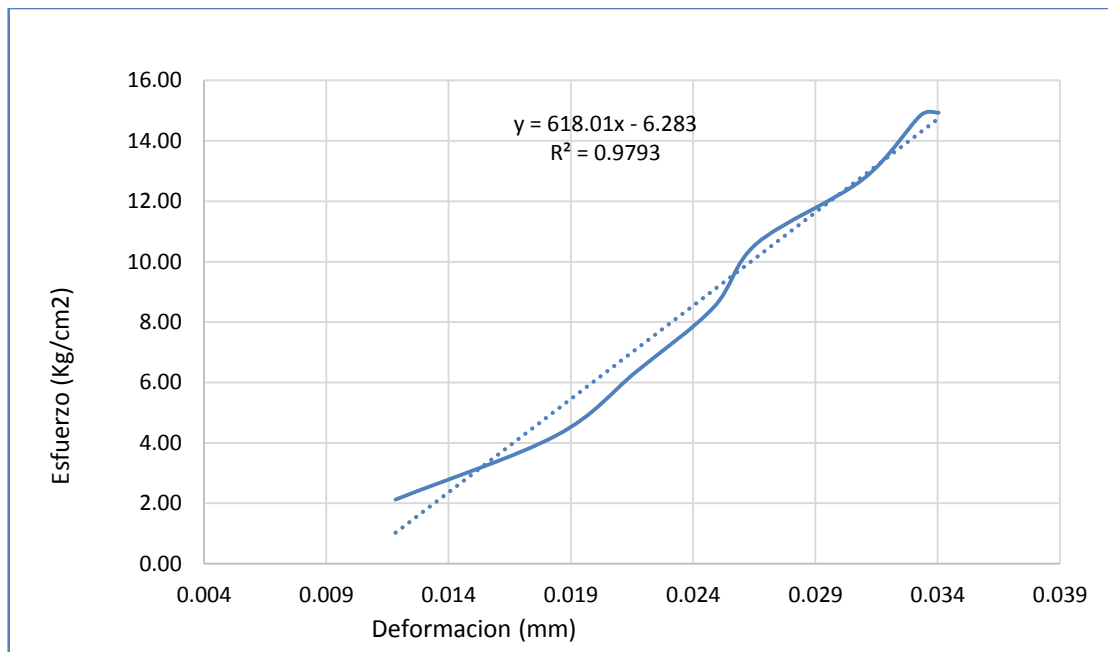


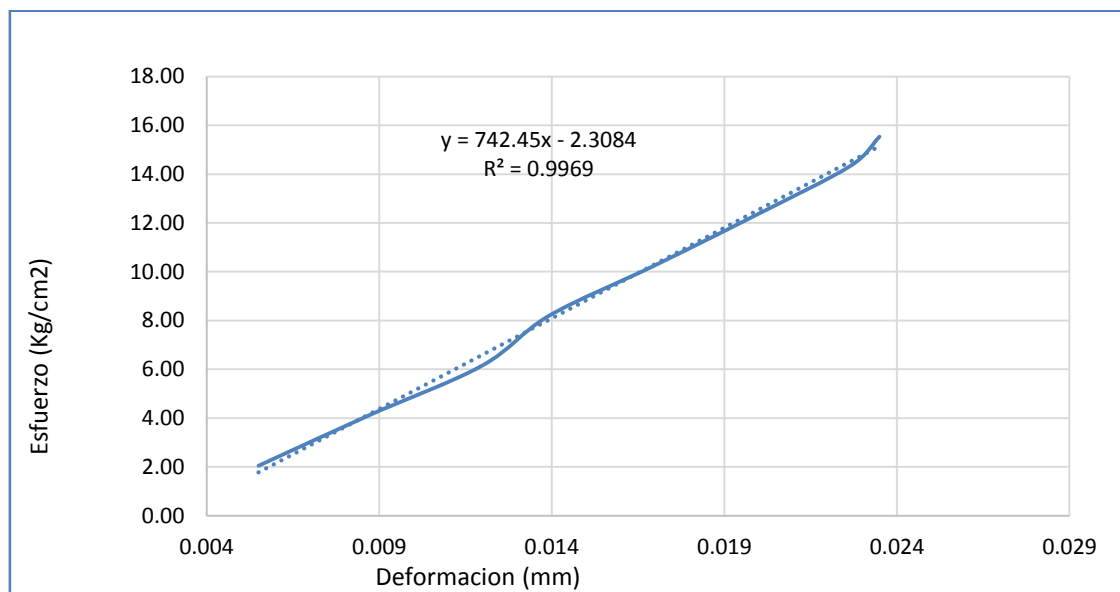
Tabla 92: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-07.

Especimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo N°07		
Largo	15.50	cm
Ancho	15.30	cm
Altura	10.25	cm
Área	237.15	cm ²

Tabla 93: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-07.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	0.85	2.05	0.006
2	1000	1.34	4.10	0.009
3	1500	1.85	6.14	0.012
4	2000	2.15	8.19	0.014
5	2500	2.62	10.24	0.017
6	3000	3.07	12.29	0.020
7	3500	3.50	14.34	0.023
8	3792	3.63	15.53	0.023

Figura 71: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-07.



2.2.1.1 Adobe con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo.

Tabla 94: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-01.

Especimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-01		
Largo	14.50	cm
Ancho	15.50	cm
Altura	10.00	cm
Área	224.75	cm ²

Tabla 95: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-01

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	0.70	2.22	0.005
2	1000	1.25	4.45	0.008
3	1500	1.78	6.67	0.011
4	2000	2.05	8.90	0.013
5	2500	2.45	11.12	0.016
6	2914	2.91	12.97	0.019

Figura 72: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-01.

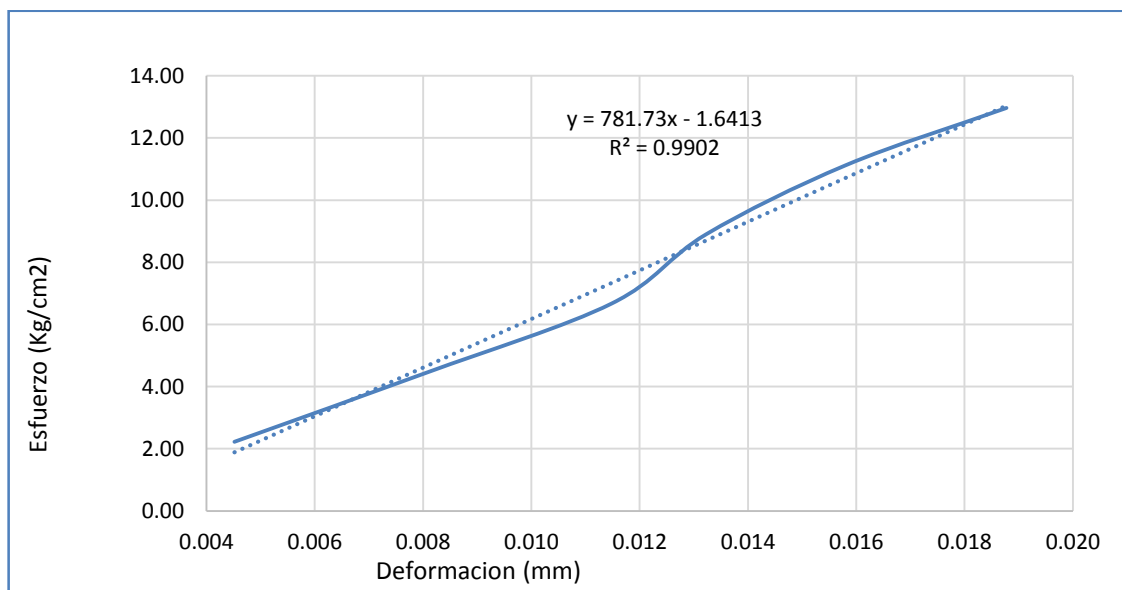


Tabla 96: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-02.

Especimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-02		
Largo	15.45	cm
Ancho	14.50	cm
Altura	10.05	cm
Área	224.03	cm ²

Tabla 97: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-02.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	0.92	2.23	0.006
2	1000	1.25	4.46	0.009
3	1500	1.89	6.70	0.013
4	2000	2.15	8.93	0.015
5	2490	2.57	11.11	0.018

Figura 73: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-02.

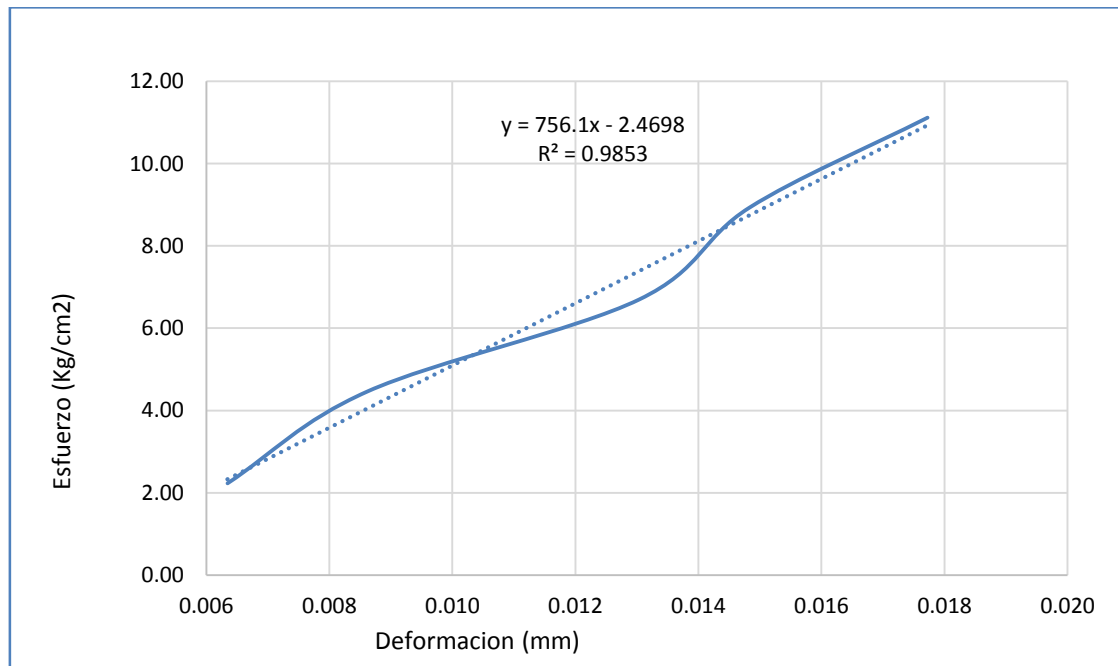


Tabla 98: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-03.

Espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-03		
Largo	14.70	cm
Ancho	15.92	cm
Altura	10.10	cm
Área	234.02	cm ²

Tabla 99: Resistencia a compresión con adición de 15% de desperdicio de ladrillo E-03.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	cu
1	500	0.60	2.14	0.004
2	1000	1.10	4.27	0.007
3	1500	2.90	6.41	0.018
4	2000	3.50	8.55	0.022
5	2500	4.10	10.68	0.026
6	2618	4.33	11.19	0.027

Figura 74: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-03.

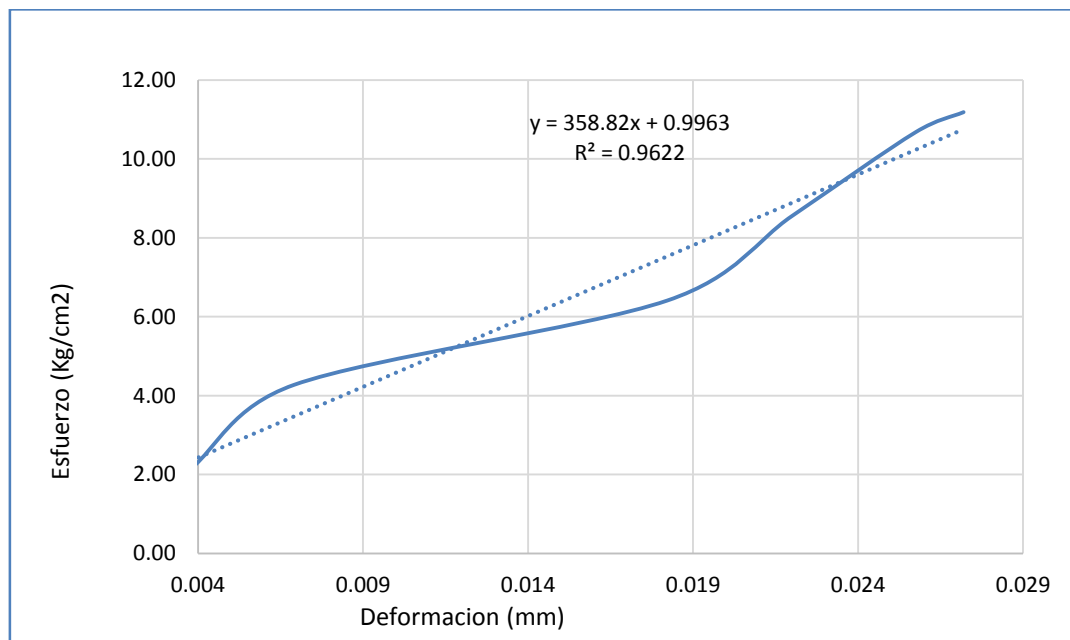


Tabla 100: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-04.

Especimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-04		
Largo	15.50	cm
Ancho	15.60	cm
Altura	10.25	cm
Área	241.80	cm ²

Tabla 101: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-04

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	500	1.05	2.07	0.007
2	1000	1.60	4.14	0.010
3	1500	2.10	6.20	0.013
4	2000	2.38	8.27	0.015
5	2500	2.95	10.34	0.019
6	2775	3.10	11.48	0.020

Figura 75: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-04.

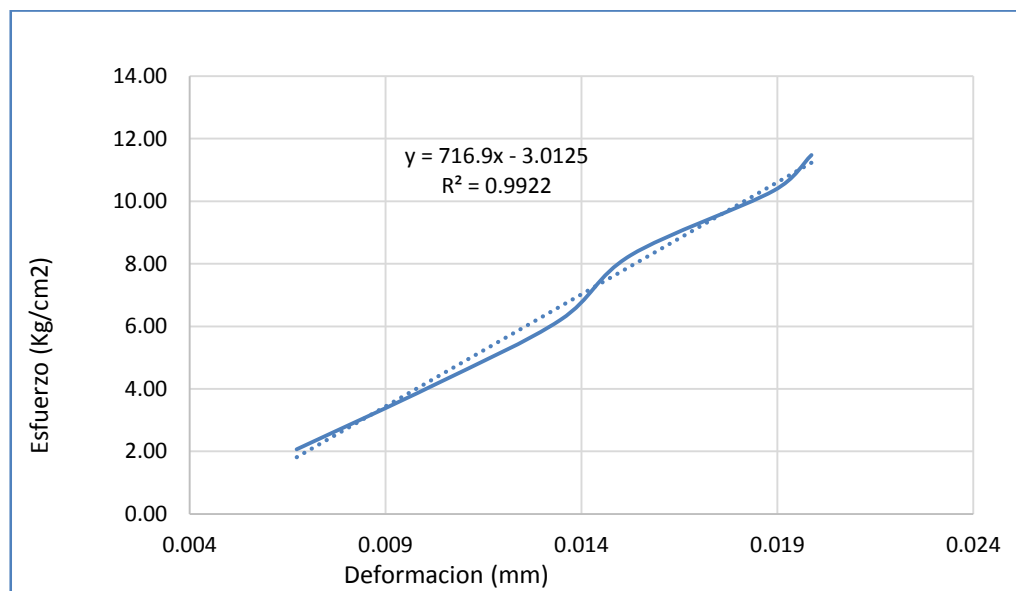


Tabla 102: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-05.

Especimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-05		
Largo	15.20	cm
Ancho	15.45	cm
Altura	10.2	cm
Área	234.84	cm ²

Tabla 103: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-05

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	0.89	2.13	0.006
2	1000	1.34	4.26	0.009
3	1500	1.55	6.39	0.011
4	2000	2.06	8.52	0.014
5	2500	2.54	10.65	0.018
6	2675	2.62	11.39	0.018

Figura 76: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-05.

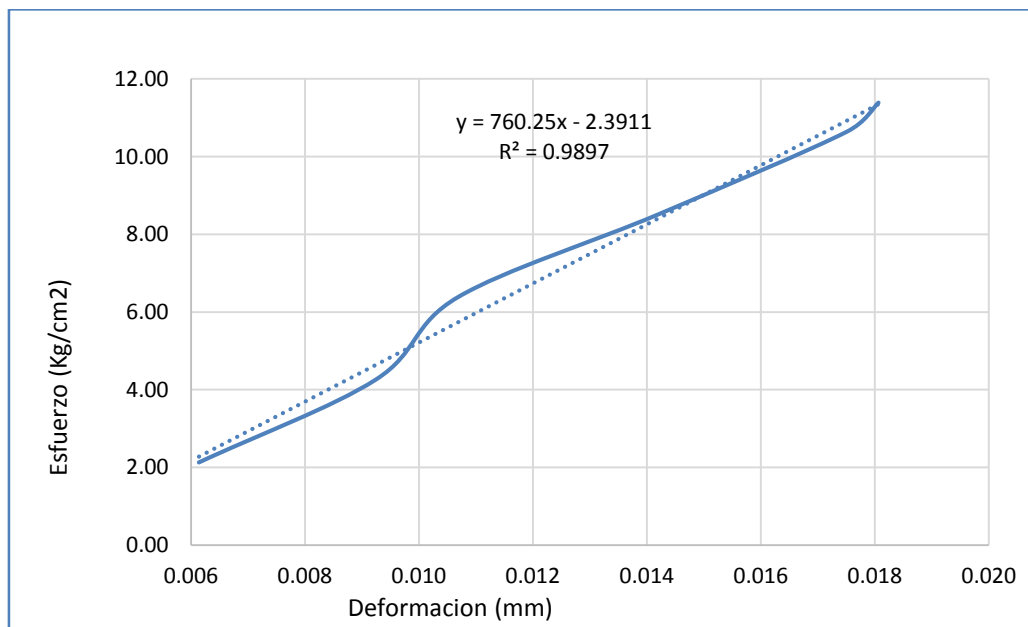


Tabla 104: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-06.

Especimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-06		
Largo	15.31	cm
Ancho	15.40	cm
Altura	10.30	cm
Área	235.77	cm ²

Tabla 105: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-06.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	0.96	2.12	0.006
2	1000	1.35	4.24	0.008
3	1500	1.89	6.36	0.012
4	2000	2.39	8.48	0.015
5	2500	2.90	10.60	0.018
6	2891	3.17	12.26	0.020

Figura 77: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo E-06.

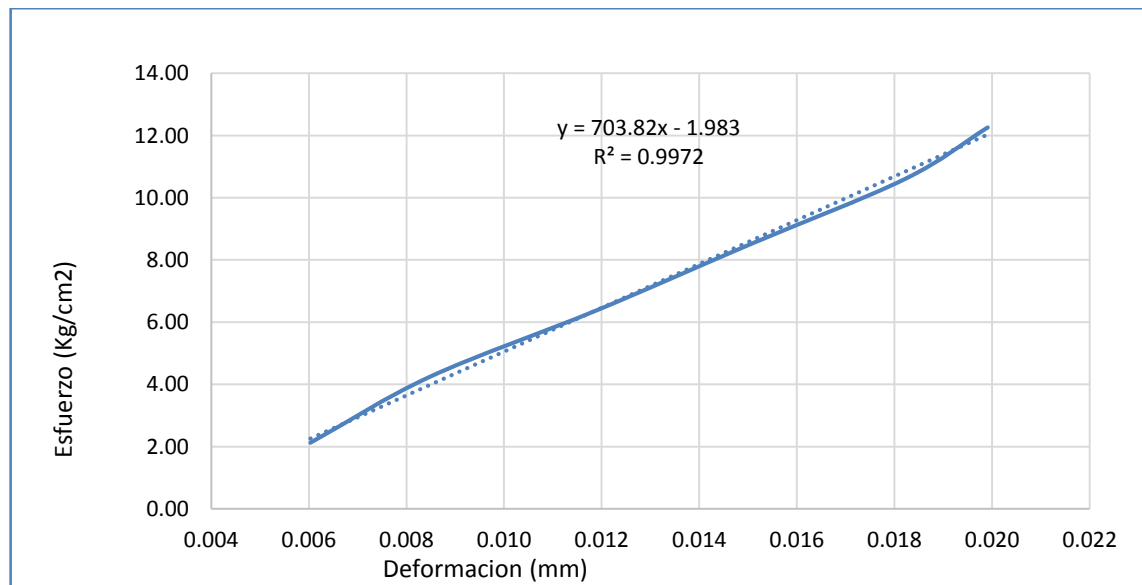


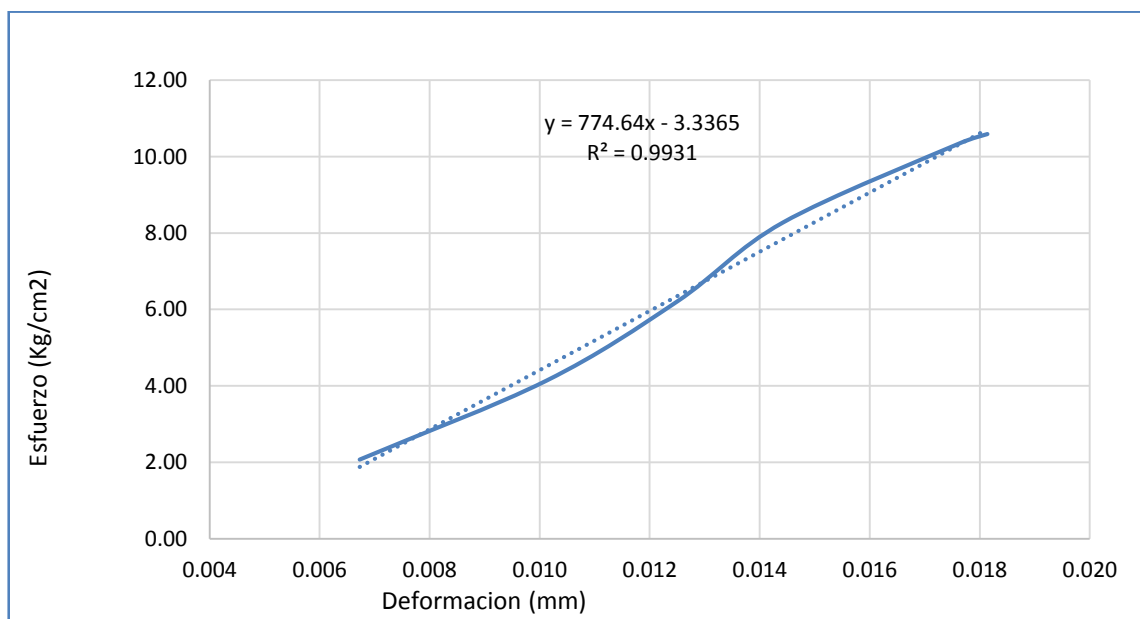
Tabla 106: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-07.

Espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-07		
Largo	15.50	cm
Ancho	15.50	cm
Altura	10.25	cm
Área	240.25	cm ²

Tabla 107: Resistencia a compresión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-07.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	500	1.05	2.07	0.007
2	1000	1.58	4.14	0.010
3	1500	1.95	6.20	0.013
4	2000	2.25	8.27	0.014
5	2500	2.75	10.34	0.018
6	2560	2.83	10.59	0.018

Figura 78: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo E-07.



2.2.1 Pruebas de resistencia a la flexión

2.2.1.1 Adobe patrón.

Tabla 108: Dimensiones de espécimen patrón F-01.

Espécimen patrón F-01		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.55	cm
Altura	10.30	cm

Tabla 109: Resistencia a flexión, adobe patrón F-01.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.80	3.64	0.005
2	400	1.60	7.27	0.010
3	600	2.05	10.91	0.013
4	800	2.50	14.55	0.016
5	866	2.71	15.75	0.017

Figura 79: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-01.

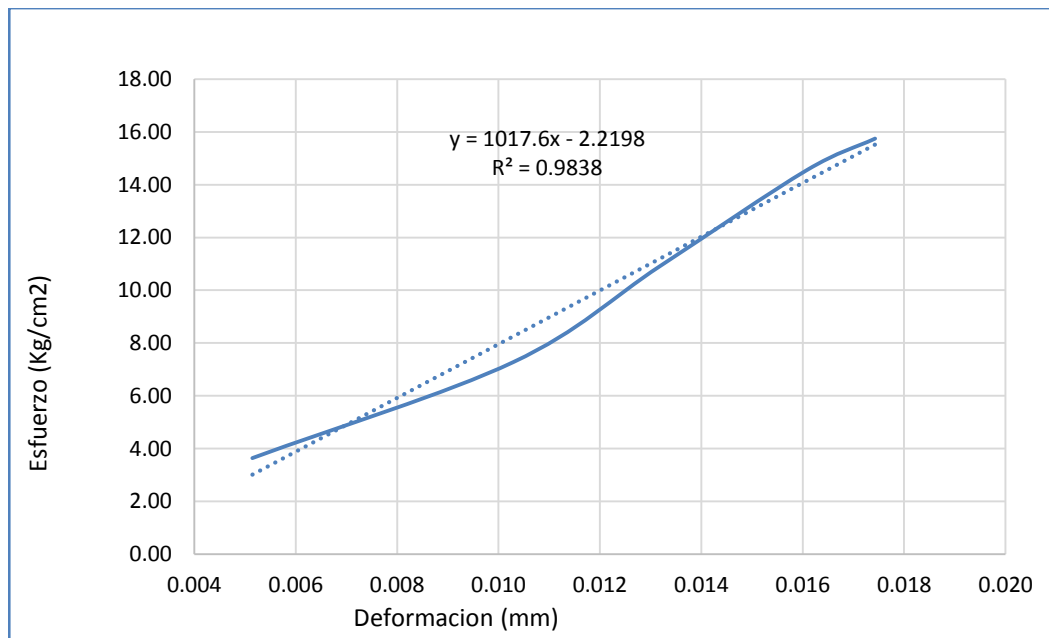


Tabla 110: Dimensiones de espécimen patrón F-02.

Espécimen patrón F-02		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.45	cm
Altura	10.15	cm

Tabla 111: Resistencia a flexión, adobe patrón F-02.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵu
1	200	0.91	3.77	0.006
2	400	1.65	7.54	0.011
3	600	1.90	11.31	0.012
4	800	2.20	15.08	0.014
5	809	2.27	15.25	0.015

Figura 80: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-02.

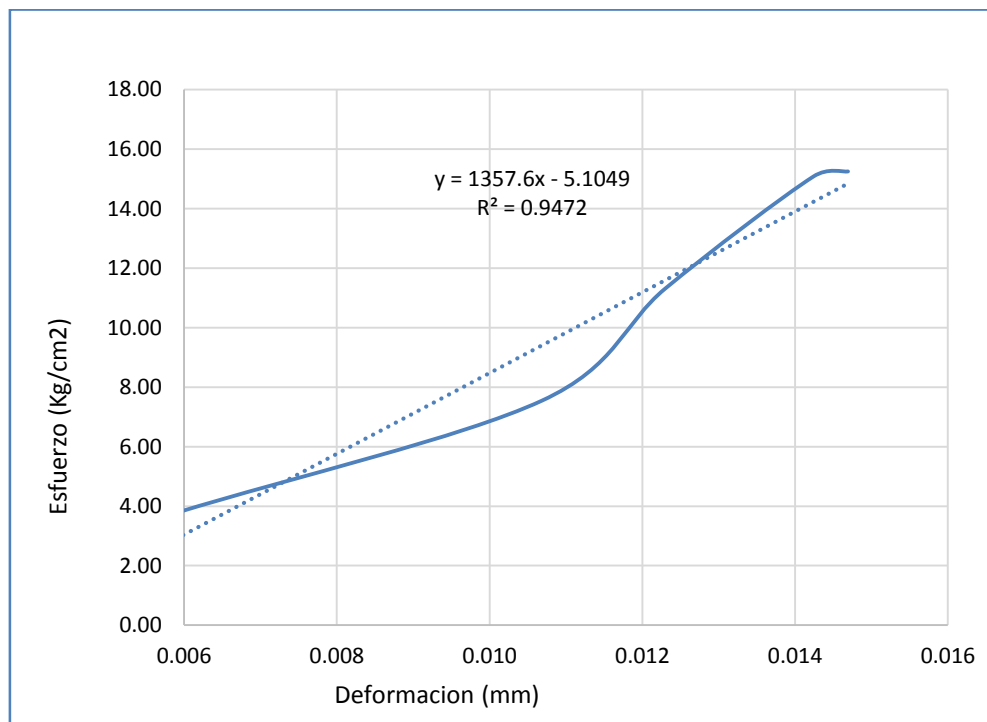


Tabla 112: Dimensiones de espécimen patrón F-03.

Espécimen patrón F-03		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.52	cm
Altura	10.22	cm

Tabla 113: Resistencia a flexión, adobe patrón F-03.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.65	3.70	0.004
2	400	1.65	7.40	0.011
3	600	1.95	11.10	0.013
4	800	2.25	14.81	0.014
5	911	2.33	16.86	0.015

Figura 81: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-03.

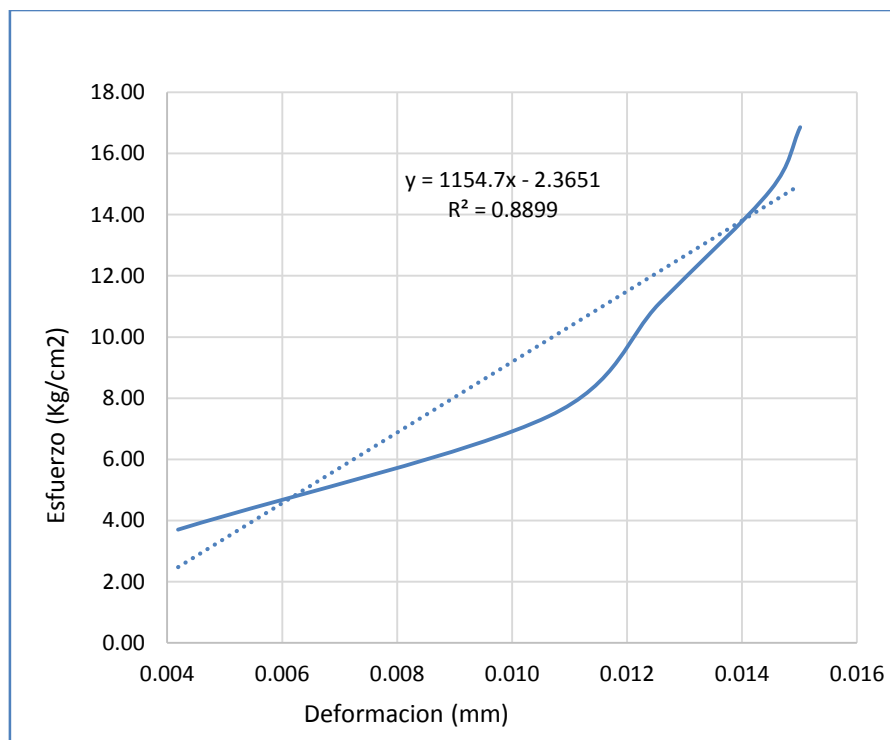


Tabla 114: Dimensiones de espécimen patrón F-04.

Espécimen patrón F-04		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.55	cm
Altura	10.52	cm

Tabla 115: Resistencia a flexión, adobe patrón F-04.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	1.15	3.49	0.007
2	400	1.85	6.97	0.012
3	600	2.17	10.46	0.014
4	800	2.60	13.95	0.017
5	890	2.72	15.51	0.017

Figura 82: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-04.

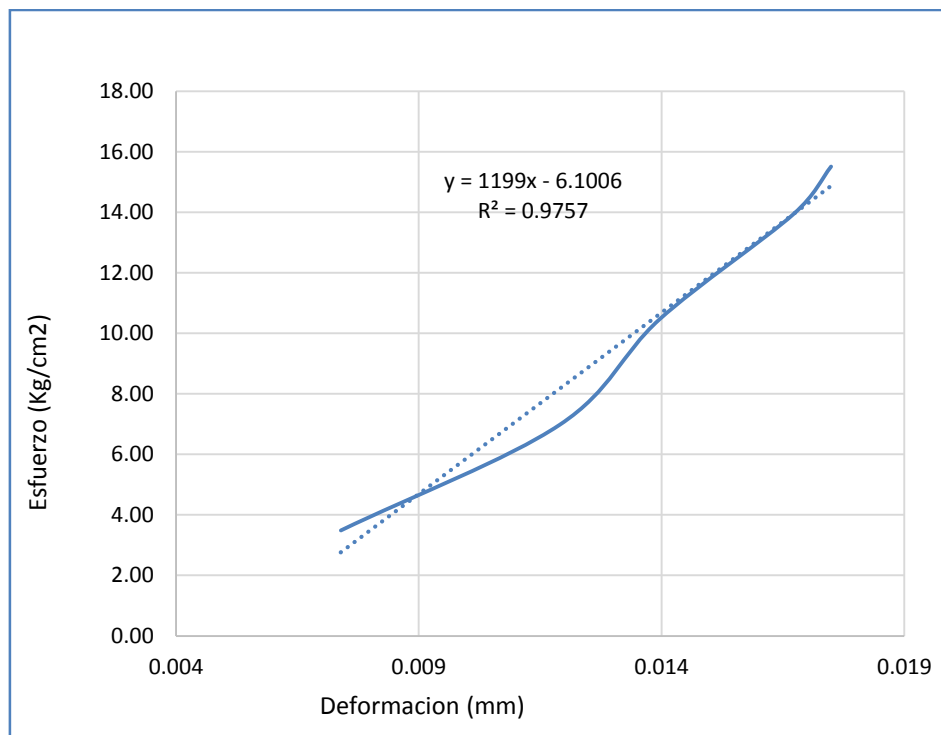


Tabla 116: Dimensiones de espécimen patrón F-05.

Espécimen patrón F-05		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.25	cm
Altura	10.25	cm

Tabla 117: Resistencia a flexión, adobe patrón F-05.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	eu
1	200	1.05	3.74	0.007
2	400	1.75	7.49	0.011
3	600	2.17	11.23	0.014
4	800	2.82	14.98	0.018
5	918	2.91	17.19	0.019

Figura 83: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-05.

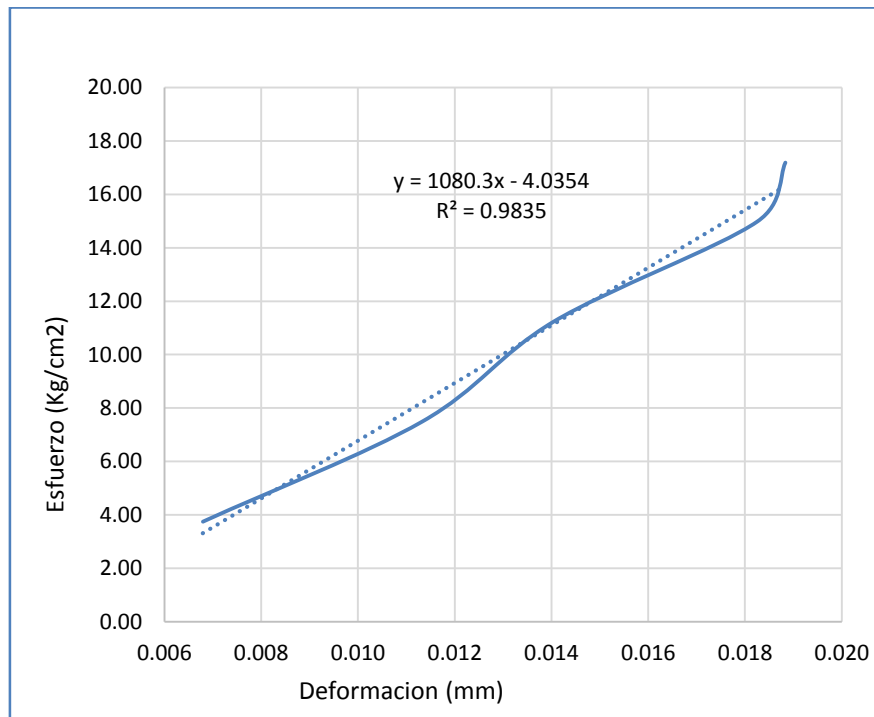


Tabla 118: Dimensiones de espécimen patrón F-06.

Espécimen patrón F-06		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.62	cm
Altura	10.40	cm

Tabla 119: Resistencia a flexión, adobe patrón F-06.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.85	3.55	0.005
2	400	1.20	7.10	0.008
3	600	1.68	10.65	0.011
4	800	2.05	14.21	0.013
5	878	2.14	15.59	0.014

Figura 84: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-06.

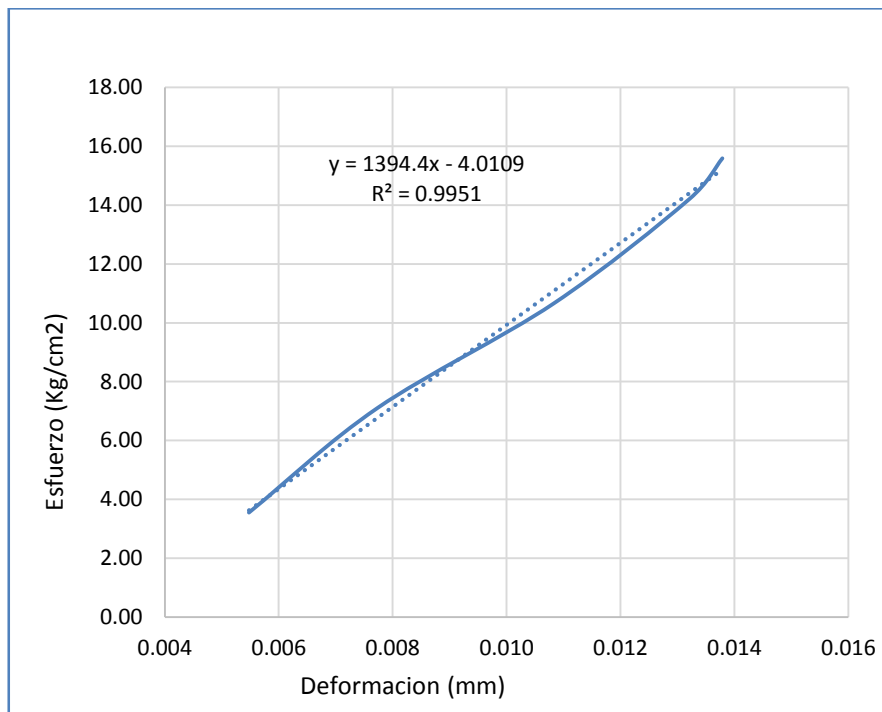


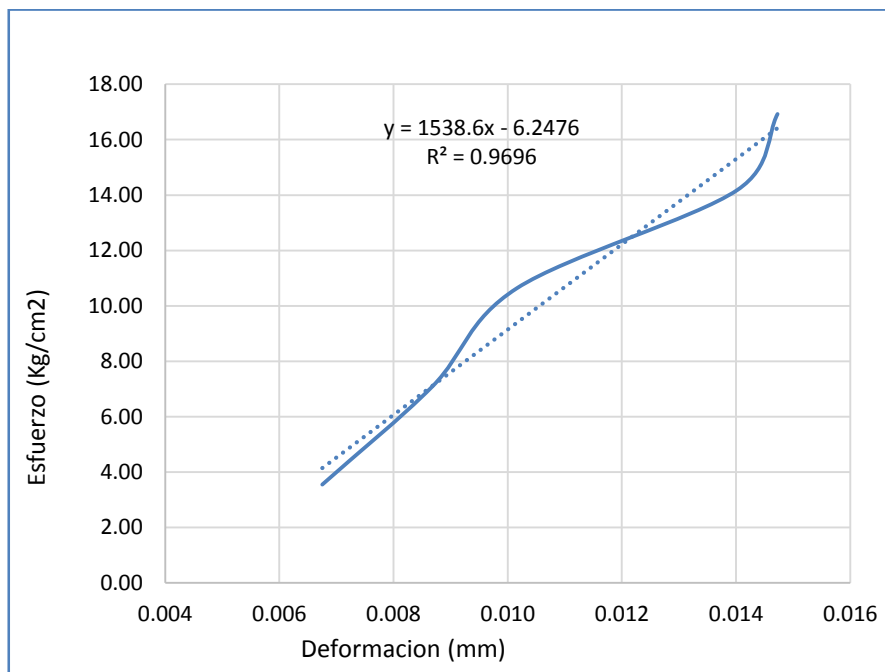
Tabla 120: Dimensiones de espécimen patrón F-07.

Espécimen patrón F-07		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.65	cm
Altura	10.40	cm

Tabla 121: Resistencia a flexión, adobe patrón F-07.

Nº	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	1.05	3.54	0.007
2	400	1.35	7.09	0.009
3	600	1.58	10.63	0.010
4	800	2.18	14.18	0.014
5	955	2.29	16.93	0.015

Figura 85: Curva de esfuerzo vs deformación adobe patrón F-07.



2.2.1.1 Adobe con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo.

Tabla 122: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-01

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-01		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.55	cm
Altura	10.36	cm

Tabla 123: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-01.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	eu
1	200	0.90	3.60	0.006
2	400	2.40	7.19	0.015
3	600	3.31	10.79	0.021
4	800	3.85	14.38	0.025
5	1000	4.18	17.98	0.027
6	1175	4.29	21.12	0.028

Figura 86: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-01.

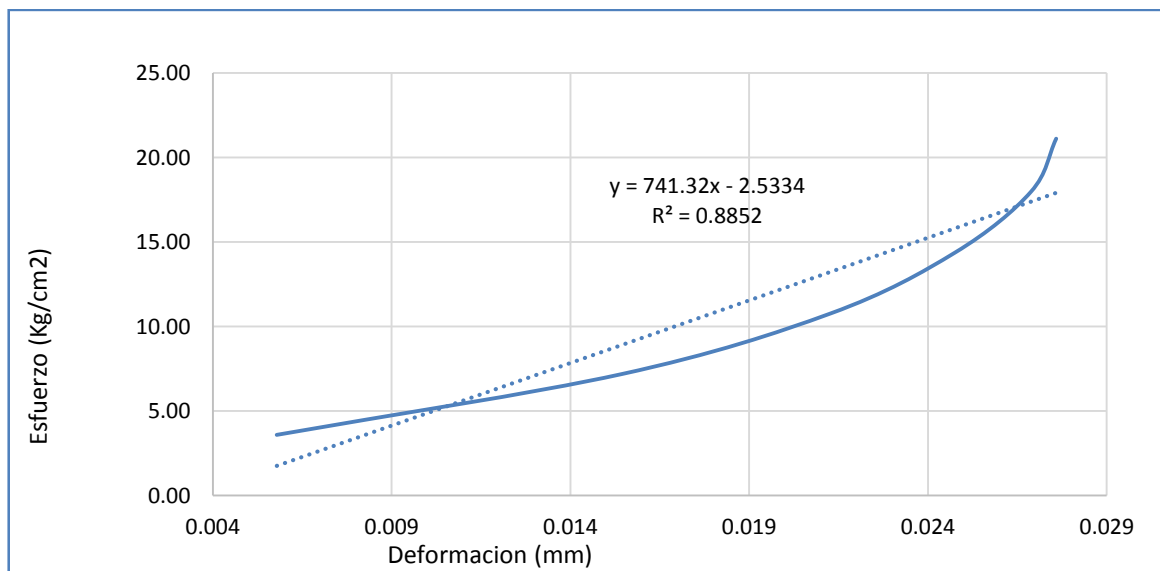


Tabla 124: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-02.

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-02		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.35	cm
Altura	10.25	cm

Tabla 125: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-02

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵu
1	200	0.20	3.72	0.001
2	400	0.90	7.44	0.006
3	600	1.46	11.16	0.010
4	800	2.05	14.88	0.013
5	1000	2.54	18.60	0.017
6	1095	2.77	20.37	0.018

Figura 87: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-02.

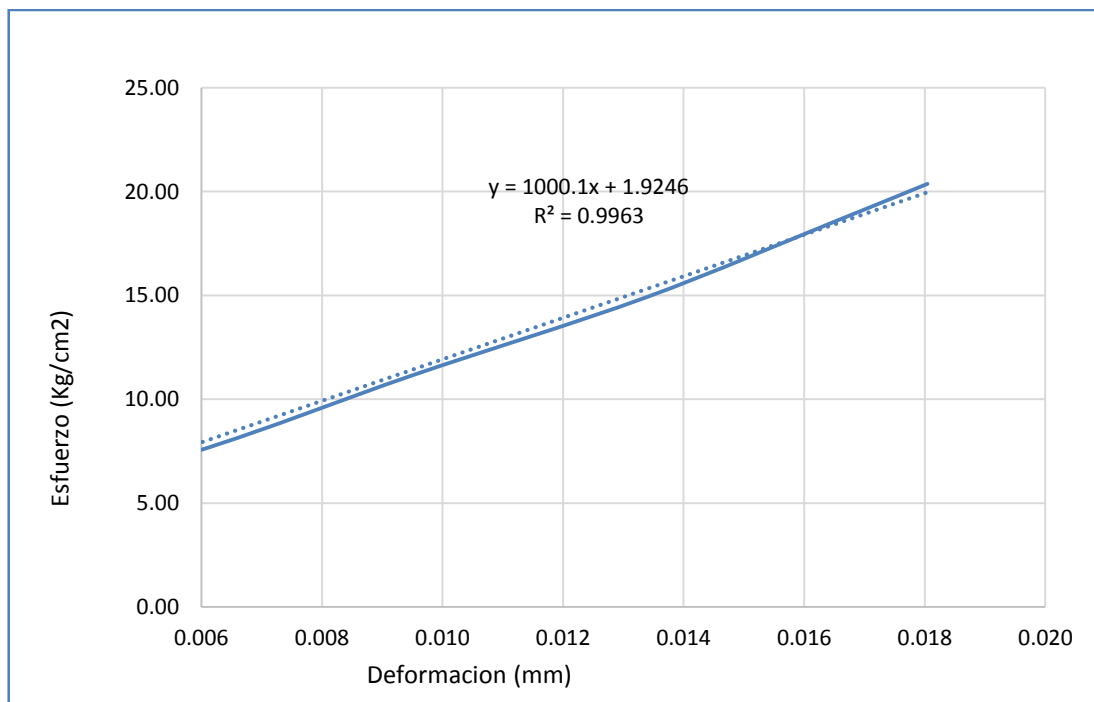


Tabla 126: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-03.

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-03		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.41	cm
Altura	10.22	cm

Tabla 127: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-03.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.70	3.73	0.005
2	400	1.10	7.46	0.007
3	600	1.55	11.18	0.010
4	800	2.50	14.91	0.016
5	1000	2.93	18.64	0.019
6	1152	3.03	21.47	0.020

Figura 88: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-03.

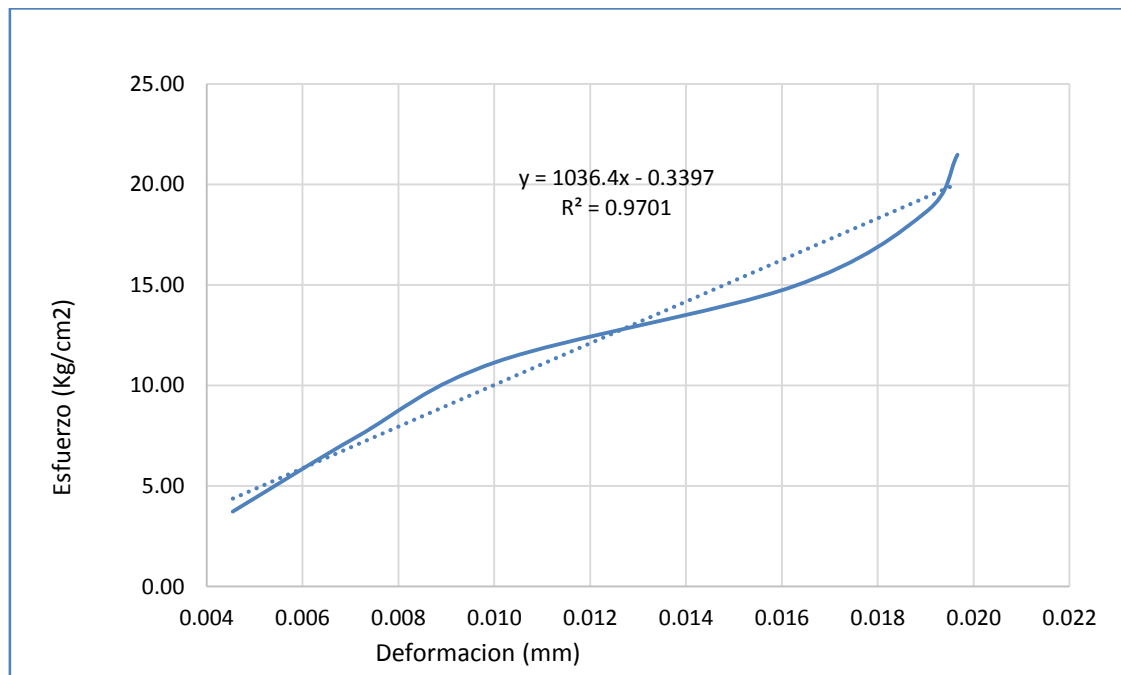


Tabla 128: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-04.

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-04		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.52	cm
Altura	10.40	cm

Tabla 129: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-04

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.40	3.57	0.003
2	400	0.71	7.15	0.005
3	600	0.81	10.72	0.005
4	800	0.92	14.30	0.006
5	1000	1.25	17.87	0.008
6	1072	1.31	19.16	0.008

Figura 89: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-04.

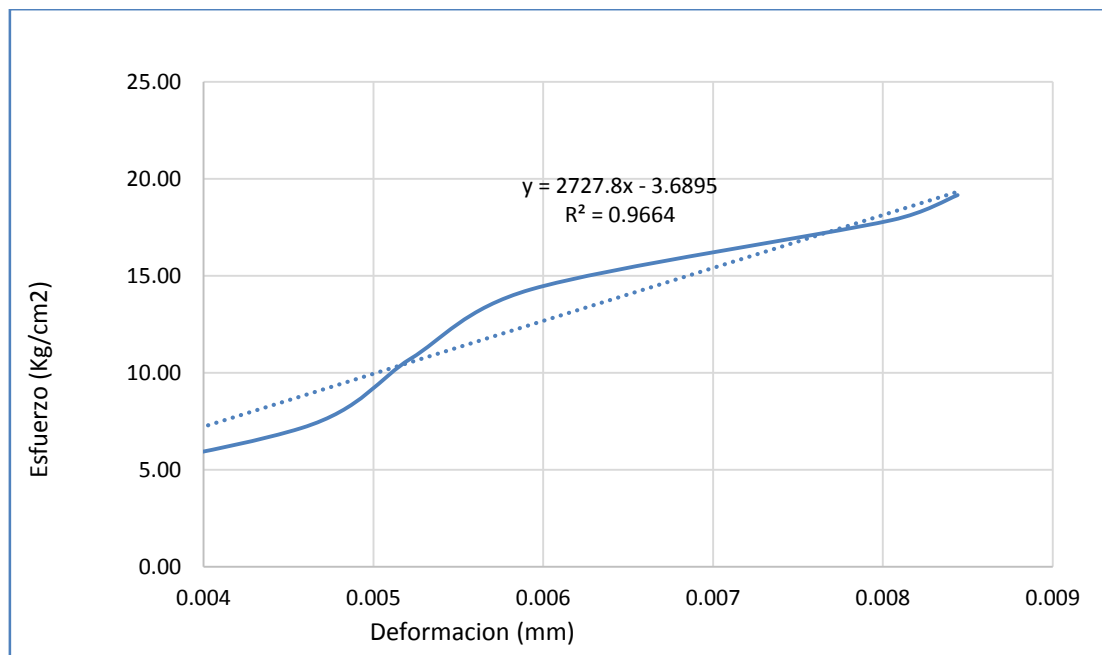


Tabla 130: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-05.

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-05		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.38	cm
Altura	10.20	cm

Tabla 131: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-05.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	eu
1	200	0.80	3.75	0.005
2	400	1.30	7.50	0.008
3	600	1.60	11.25	0.010
4	800	2.00	15.00	0.013
5	1000	2.38	18.75	0.016
6	1098	2.47	20.59	0.016

Figura 90: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-05.

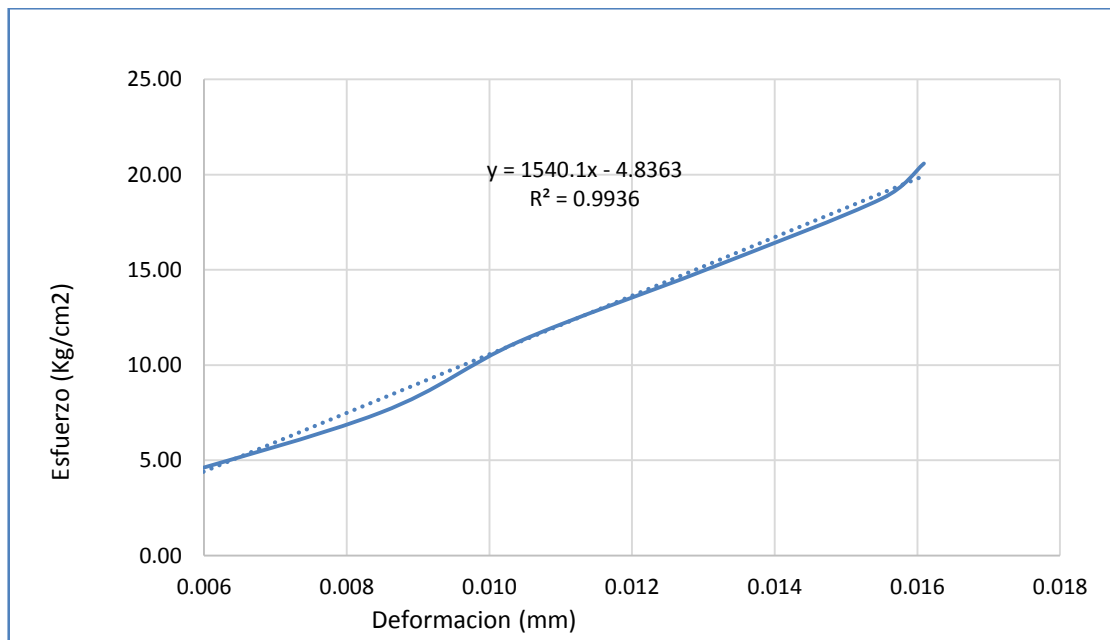


Tabla 132: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-06.

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-06		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.35	cm
Altura	10.20	cm

Tabla 133: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-06.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.75	3.76	0.005
2	400	1.25	7.51	0.008
3	600	1.80	11.27	0.012
4	800	2.18	15.03	0.014
5	1000	2.50	18.79	0.016
6	1125	2.61	21.13	0.017

Figura 91: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-06.

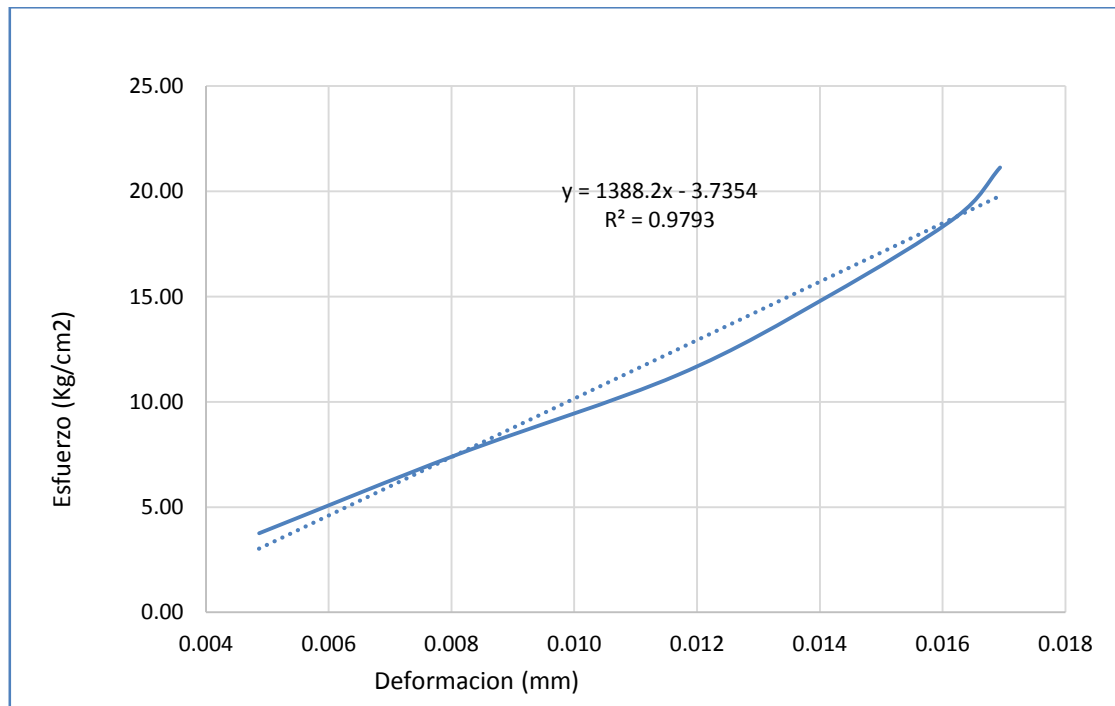


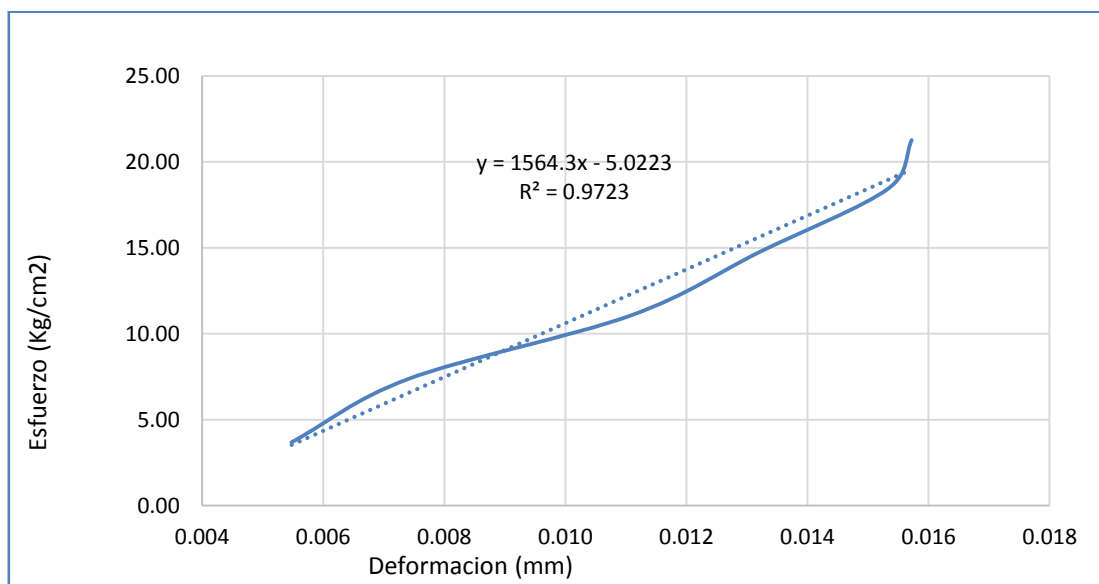
Tabla 134: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-07.

Especimen con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-06		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.33	cm
Altura	10.30	cm

Tabla 135: Resistencia a flexión con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-07.

Nº	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.85	3.69	0.005
2	400	1.15	7.38	0.007
3	600	1.72	11.07	0.011
4	800	2.05	14.76	0.013
5	1000	2.38	18.45	0.015
6	1153	2.44	21.27	0.016

Figura 92: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 5% de desperdicio de ladrillo F-07.



2.2.1.1 adobe con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo.

Tabla 136: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-01.

Espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-01		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.29	cm
Altura	10.28	cm

Tabla 137: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-01.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.70	3.71	0.005
2	400	1.10	7.43	0.007
3	600	1.60	11.14	0.010
4	705	1.68	13.09	0.011

Figura 93: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-01.

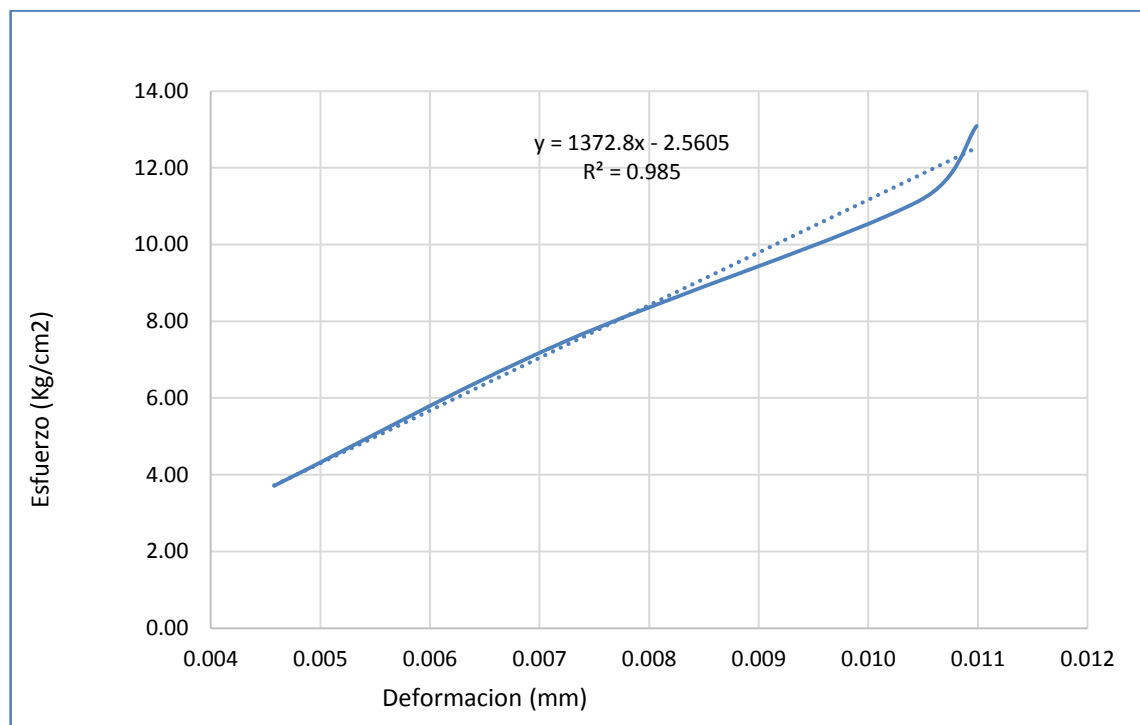


Tabla 138: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-02.

Espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-02		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.31	cm
Altura	10.26	cm

Tabla 139: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-02.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.80	3.72	0.005
2	400	1.10	7.45	0.007
3	600	1.42	11.17	0.009
4	727	1.55	13.53	0.010

Figura 94: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-02.

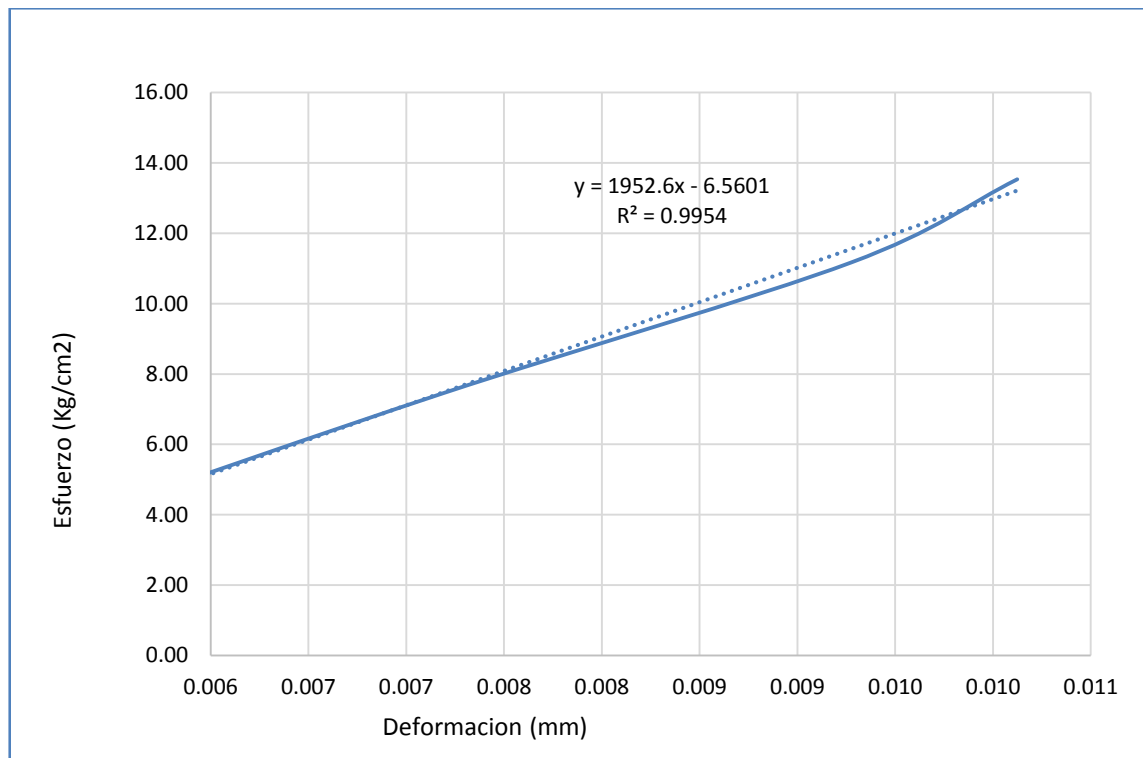


Tabla 140: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-03.

Especimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-03		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.50	cm
Altura	10.35	cm

Tabla 141: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-03.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.80	3.61	0.005
2	400	1.40	7.23	0.009
3	600	1.60	10.84	0.010
4	787	1.70	14.22	0.011

Figura 95: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-03.

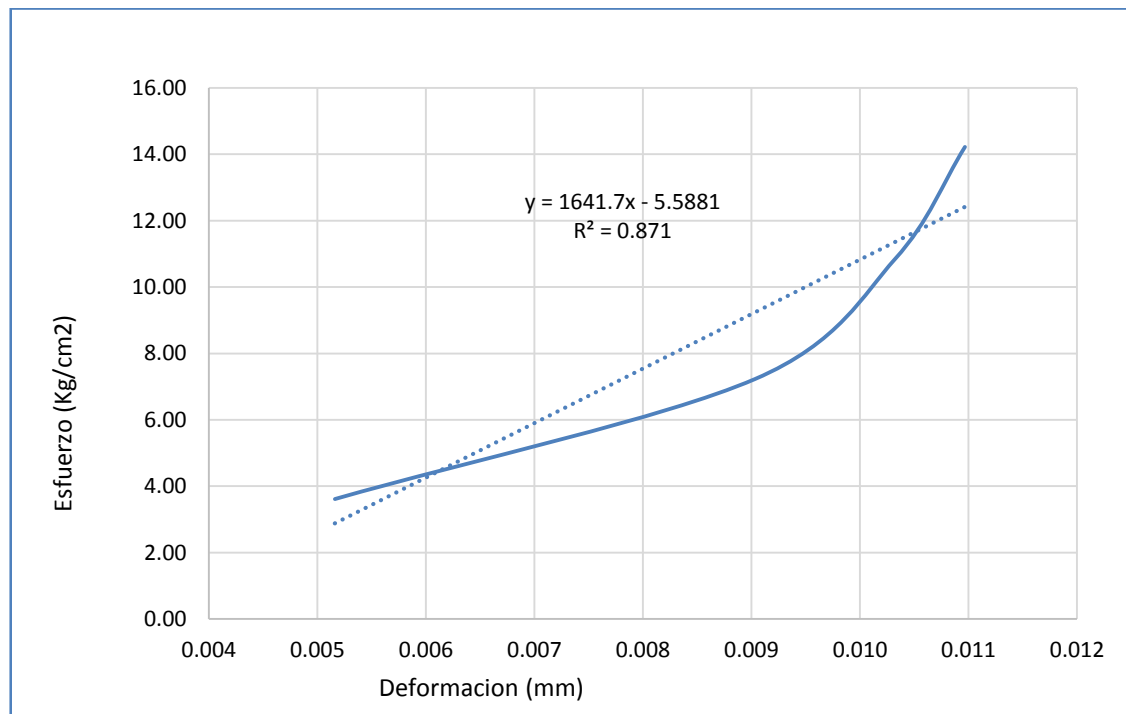


Tabla 142: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-04.

Espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-04		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.60	cm
Altura	10.35	cm

Tabla 143: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-04.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.80	3.59	0.005
2	400	1.22	7.18	0.008
3	600	1.85	10.77	0.012
4	693	1.99	12.44	0.013

Figura 96: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-04.

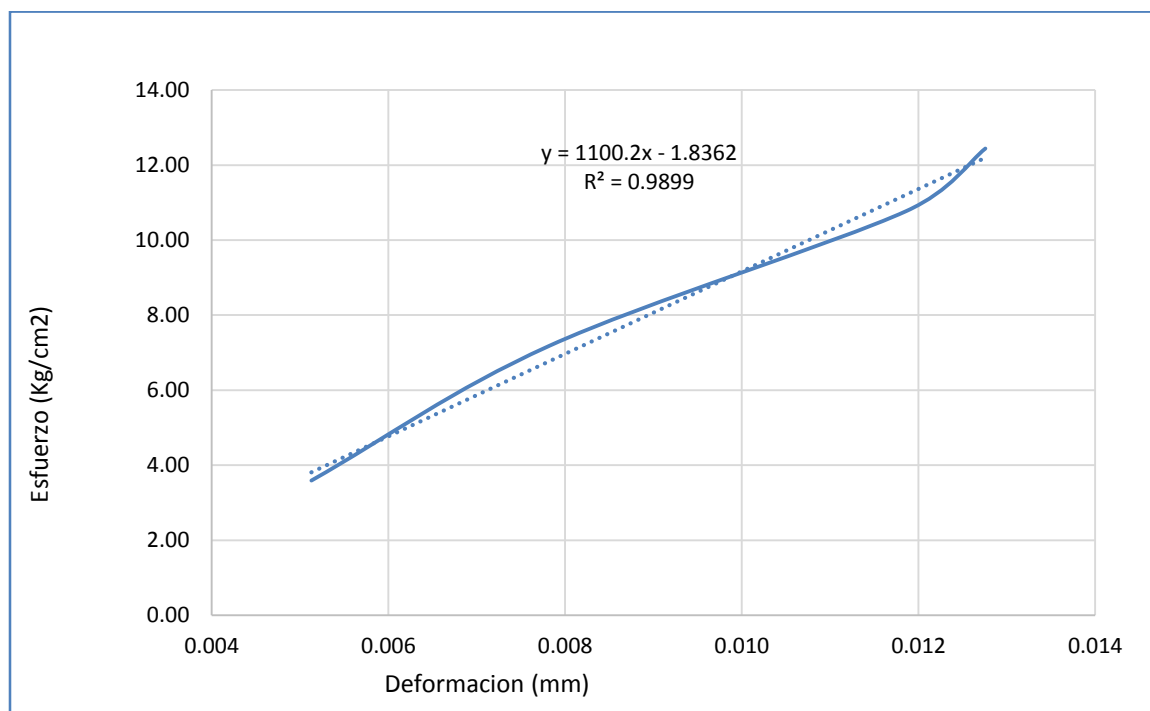


Tabla 144: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-05.

Especimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-05		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.50	cm
Altura	10.35	cm

Tabla 145: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-05.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	eu
1	200	0.56	3.61	0.004
2	400	0.95	7.23	0.006
3	600	1.32	10.84	0.009
4	648	1.41	11.71	0.009

Figura 97: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-05.

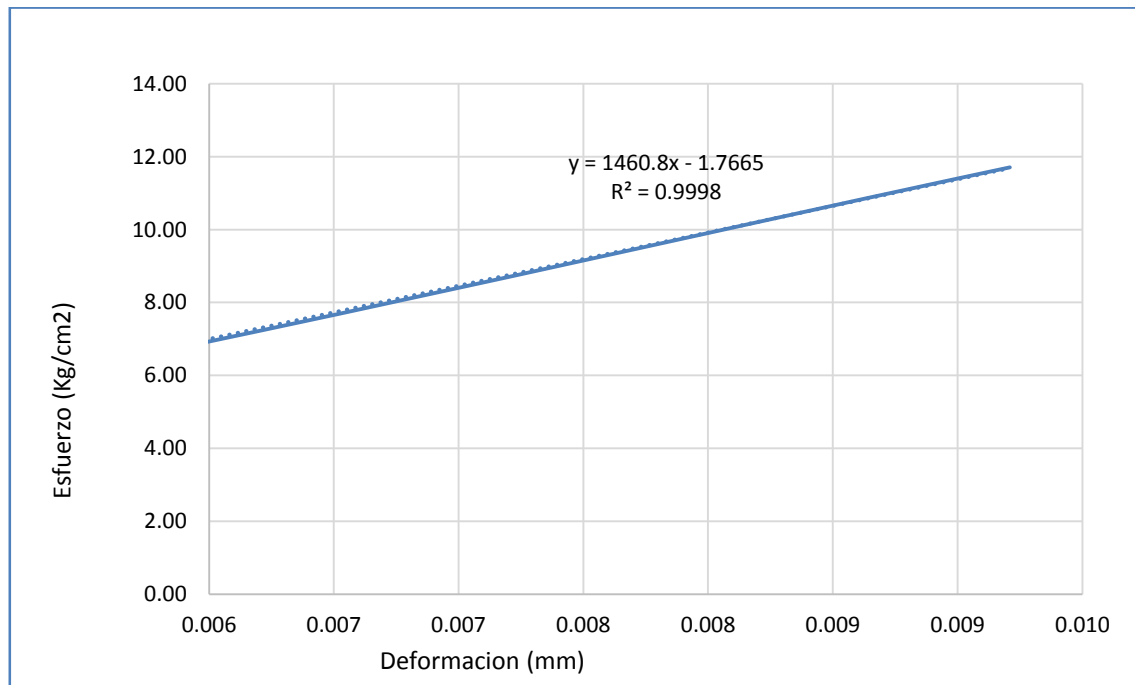


Tabla 146: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-06.

Espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-06		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.48	cm
Altura	10.30	cm

Tabla 147: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-06.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	1.1	3.65	0.007
2	400	1.28	7.31	0.008
3	600	1.72	10.96	0.011
4	705	1.88	12.88	0.012

Figura 98: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-06.

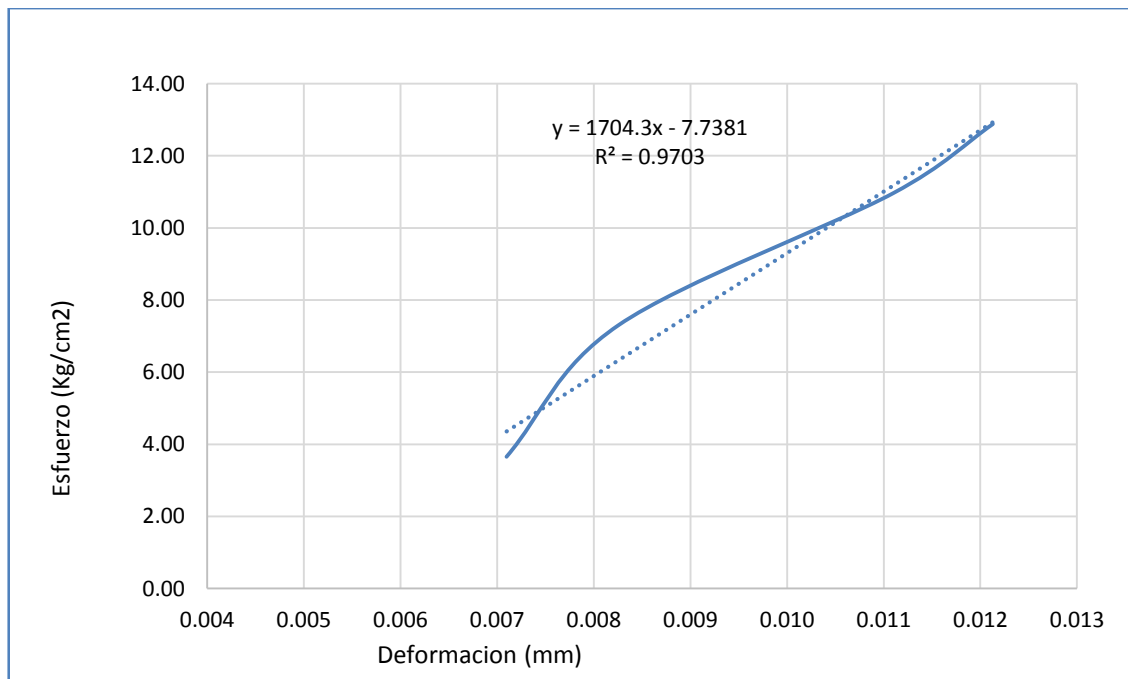


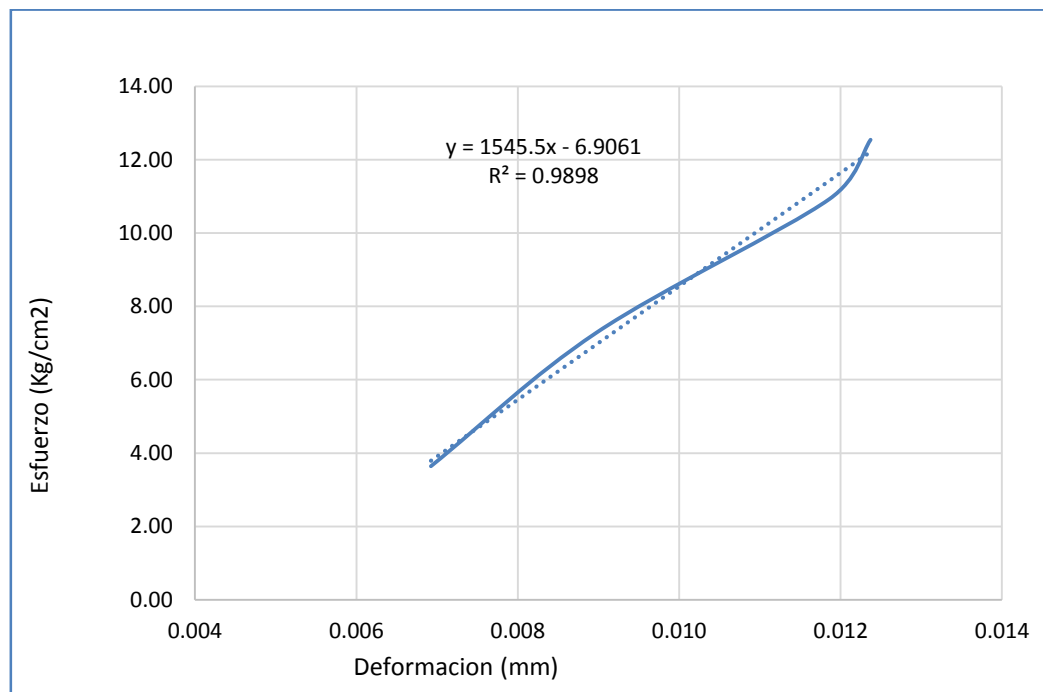
Tabla 148: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-07.

Especimen con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-07		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.50	cm
Altura	10.31	cm

Tabla 149: Resistencia a compresión con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-07.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	1.08	3.64	0.007
2	400	1.4	7.28	0.009
3	600	1.85	10.93	0.012
4	689	1.93	12.55	0.012

Figura 99: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 10% de desperdicio de ladrillo F-07.



2.2.1.1 Adobe con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo.

Tabla 150: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-01.

Espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-01		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.50	cm
Altura	10.30	cm

Tabla 151: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-01.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵu
1	200	0.80	3.65	0.005
2	400	1.22	7.30	0.008
3	471	1.39	8.59	0.009

Figura 100: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-01.

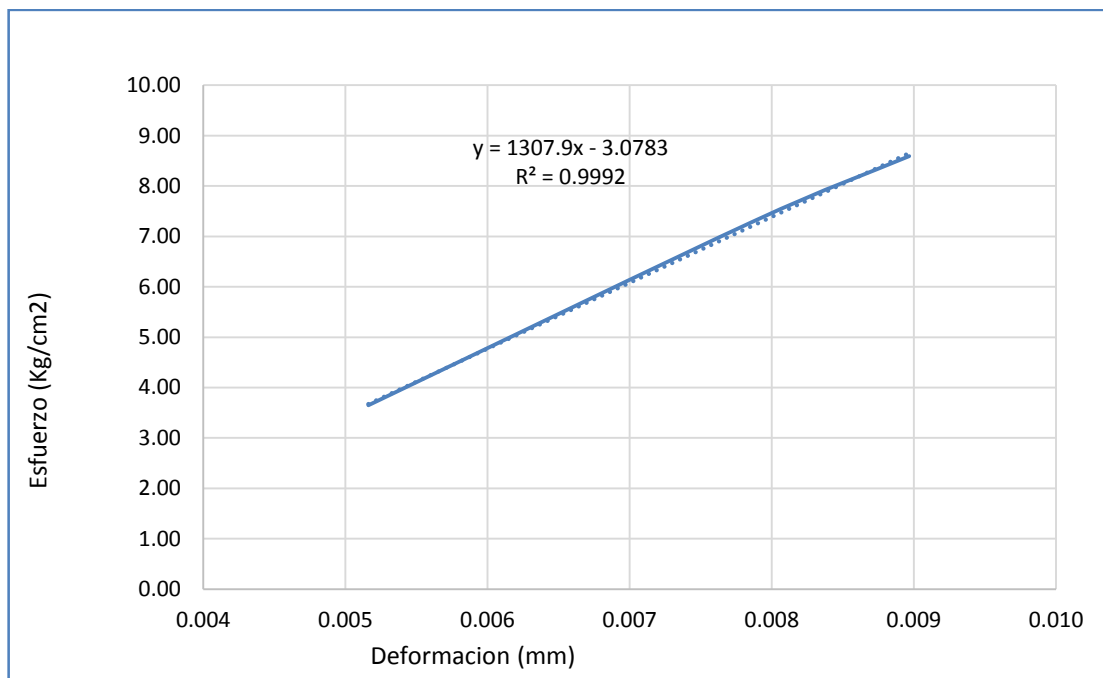


Tabla 152: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-02.

Espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-02		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.52	cm
Altura	10.23	cm

Tabla 153: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-02.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.79	3.69	0.005
2	400	1.18	7.39	0.008
3	428	1.24	7.91	0.008

Gráfico 2: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-02.

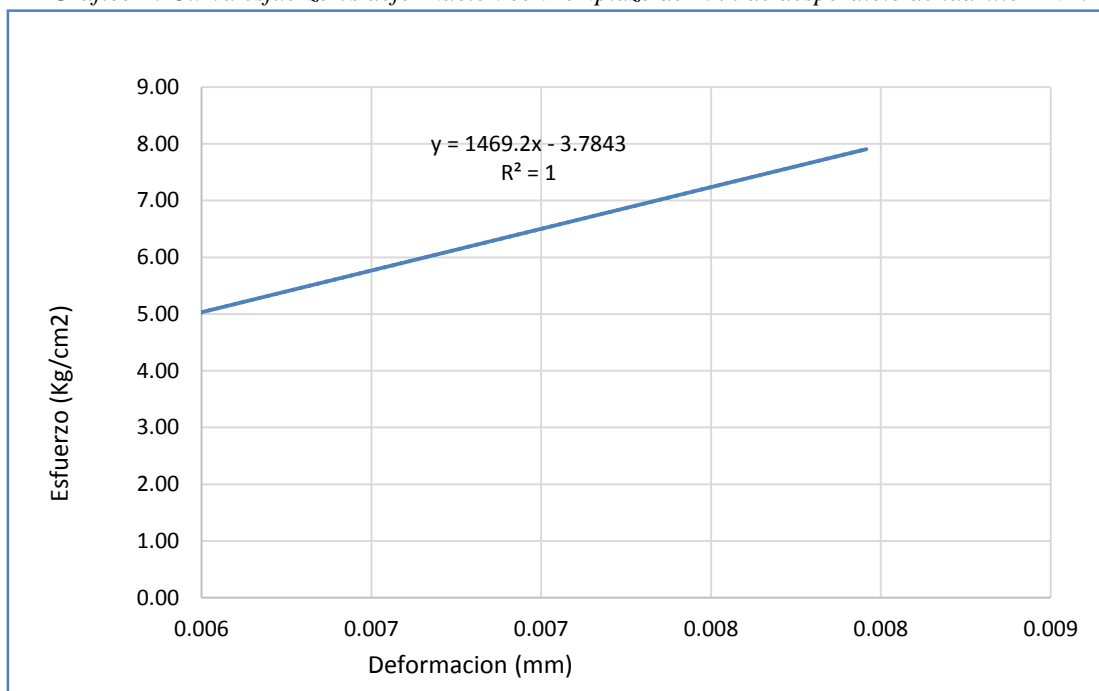


Tabla 154: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-03.

Espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-02		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.55	cm
Altura	10.35	cm

Tabla 155: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-03.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.50	3.60	0.003
2	400	0.95	7.20	0.006
3	517	1.05	9.31	0.007

Gráfico 3: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-03.

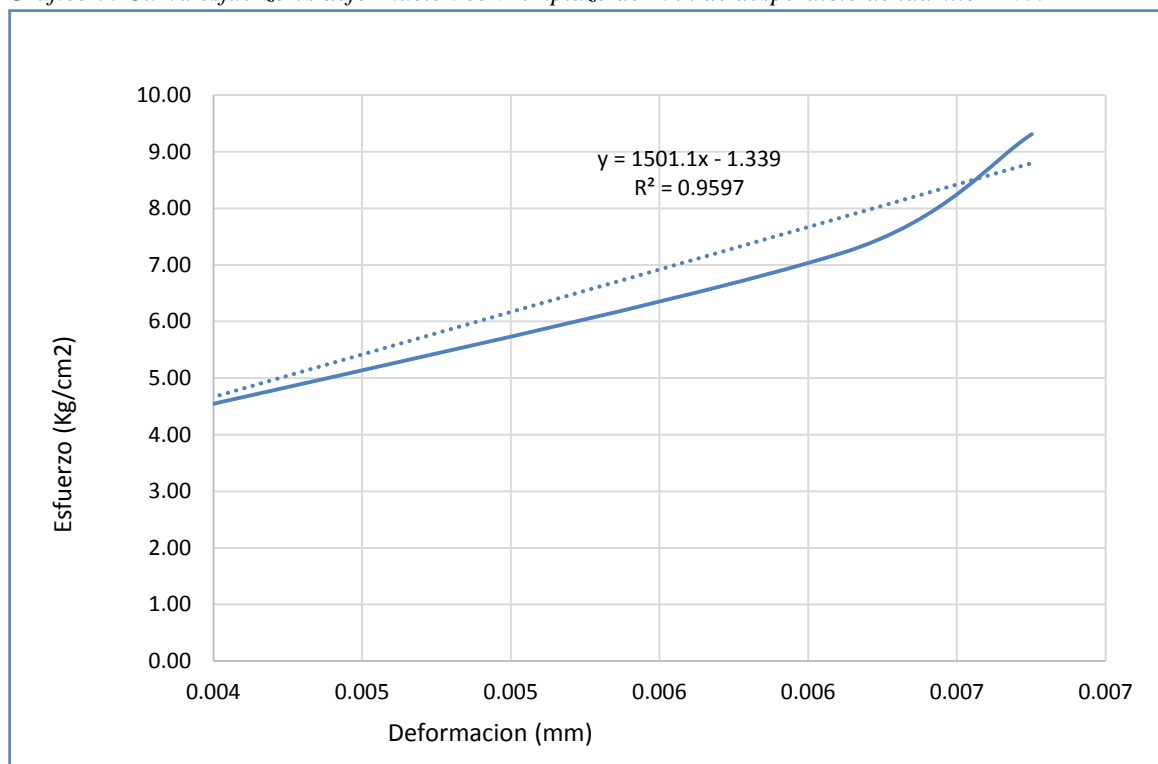


Tabla 156: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-04.

Especimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-04		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.60	cm
Altura	10.45	cm

Tabla 157: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-04.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	cu
1	200	0.76	3.52	0.005
2	400	1.23	7.04	0.008
3	512	1.31	9.02	0.008

Figura 101: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-04.

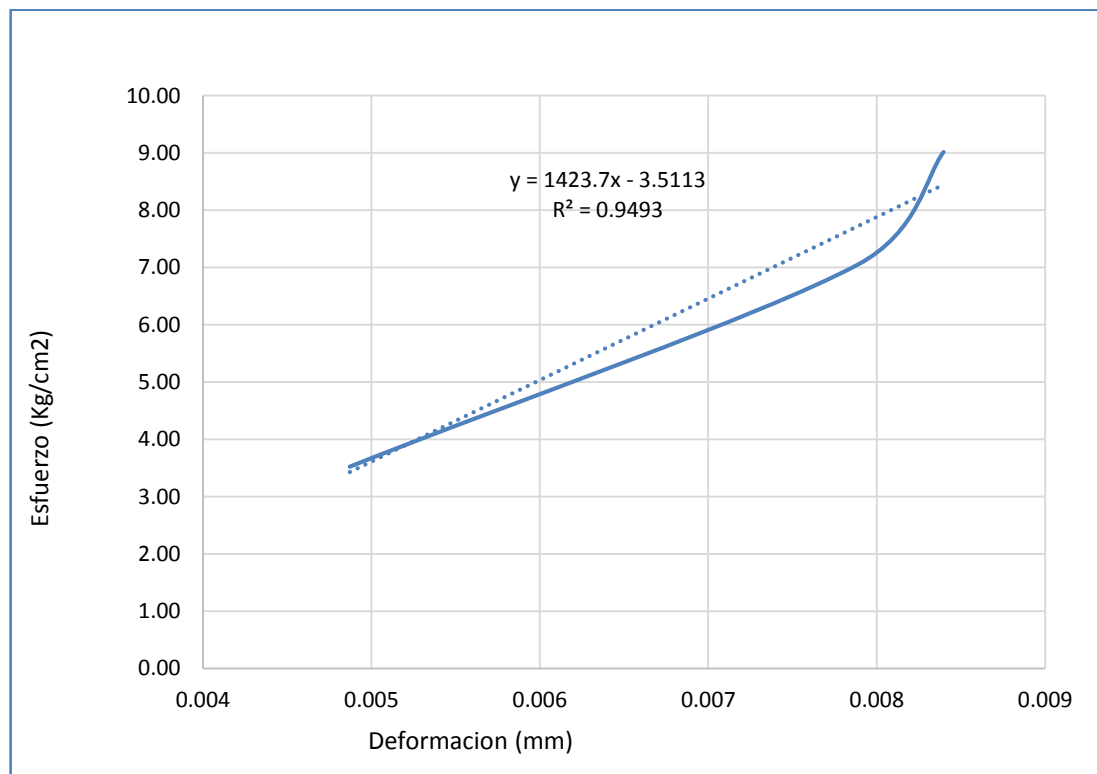


Tabla 158: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-05.

Especimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-05		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.50	cm
Altura	10.35	cm

Tabla 159: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-05.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.78	3.61	0.005
2	400	1.19	7.23	0.008
3	428	1.28	7.73	0.008

Figura 102: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-05.

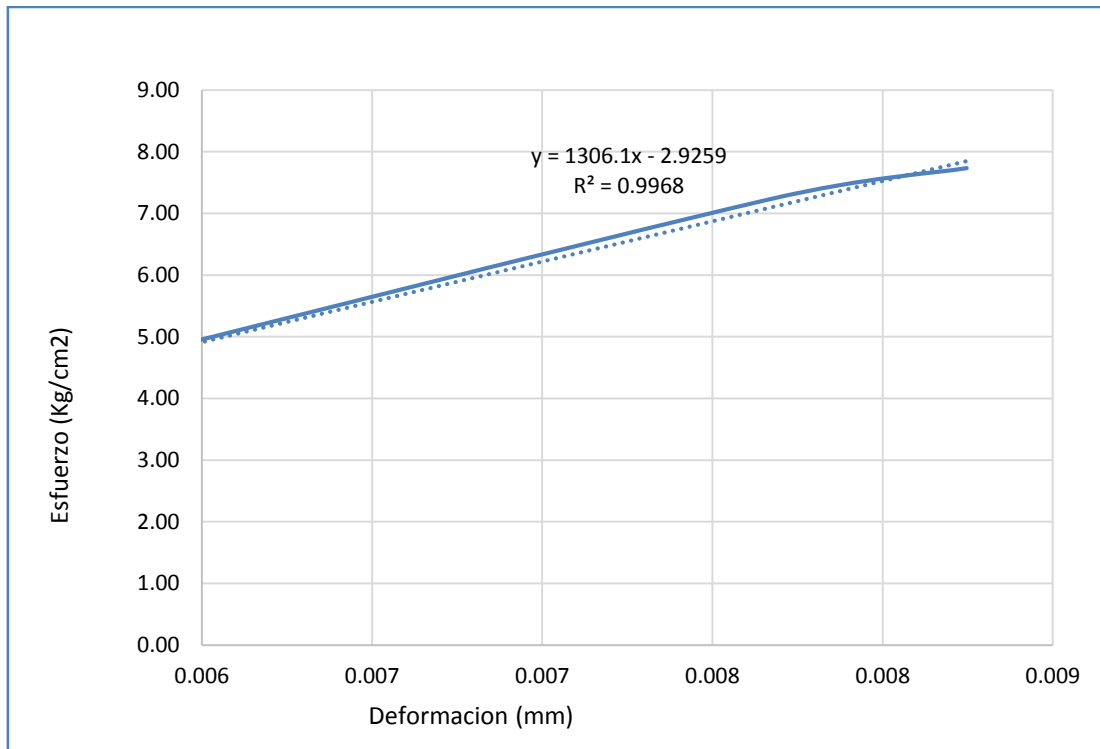


Tabla 160: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-06.

Especimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-06		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.50	cm
Altura	10.21	cm

Tabla 161: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-06.

Nº	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	1.05	3.71	0.007
2	400	1.48	7.43	0.010
3	519	1.66	9.64	0.011

Figura 103: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-06.

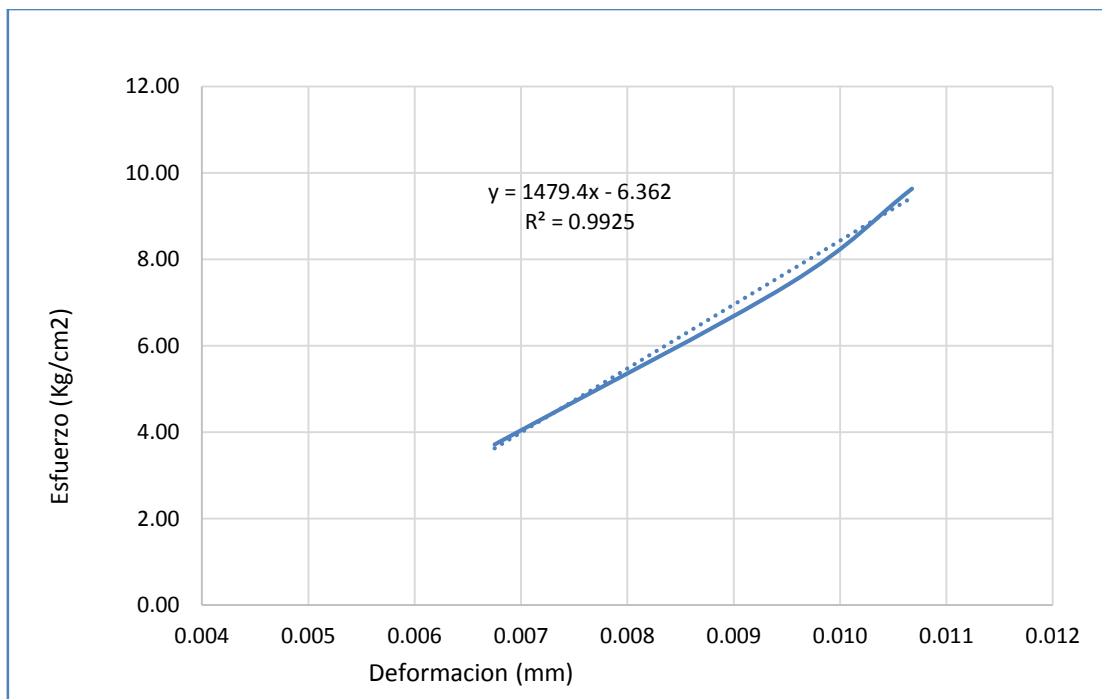


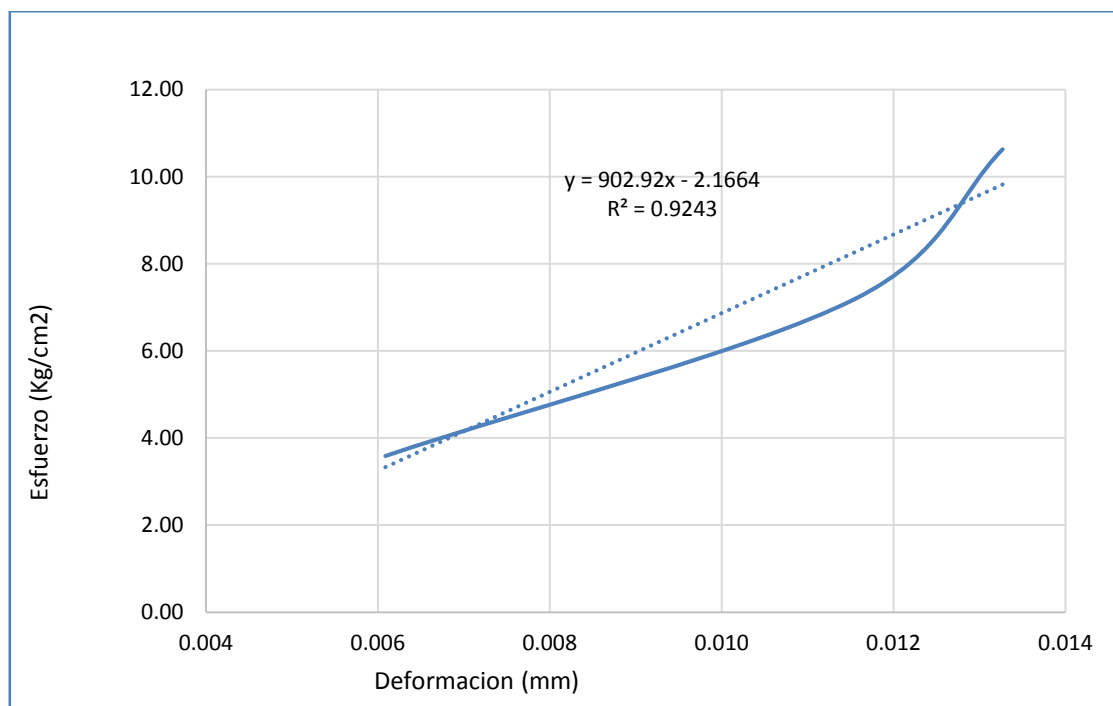
Tabla 162: Dimensiones de espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-07.

Espécimen con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-07		
(L)	20.00	cm
Ancho	15.60	cm
Altura	10.35	cm

Tabla 163: Resistencia a flexión con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-07.

N°	Carga (Kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	200	0.95	3.59	0.006
2	400	1.80	7.18	0.012
3	592	2.07	10.63	0.013

Figura 104: Curva esfuerzo vs deformación con reemplazo de 15% de desperdicio de ladrillo F-07.



Anexo 03: Protocolos de laboratorio.