



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y INGENIERÍA CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE LAS VIRUTAS DE  
EUCALIPTO EN EL ADOBE Y COMPORTAMIENTO SÍSMICO  
DE UN AMBIENTE RURAL USANDO UN MODELO A ESCALA  
REDUCIDA EN EL ALTIPLANO, 2022**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ALEXIS VLADIMIR VILCA QUISPE**

**Bach. ELMER ROBINSON MACHACA HUMPIRI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO - PERÚ**

**2024**



# ALEXIS VLADIMIR VILCA QUISPE - ELMER ROBIN... EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE LAS VIRUTAS DE EUCALIPTO EN EL ADOBE Y COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE ...

- Tesis de pregrado
- Tesis de pregrado
- Universidad Nacional del Altiplano

## Detalles del documento

Identificador de la entrega  
trn:oid::8254:417068134

Fecha de entrega  
17 dic 2024, 8:24 p.m. GMT-5

Fecha de descarga  
17 dic 2024, 8:35 p.m. GMT-5

Nombre de archivo  
EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE LAS VIRUTAS DE EUCALIPTO EN EL ADOBE Y COMPORTAMIENT....docx

Tamaño de archivo  
41.8 MB

235 Páginas

34,780 Palabras

177,705 Caracteres





## 12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Ing. Samuel Huanque Chaves  
DOCENTE UNIVERSITARIO  
COD. UNA N° 2007537

VOTO  
  
18 dic 2024  
Ing. Jaime Medina Leiva  
DOCENTE UNIVERSITARIO  
COD. UNA N° 010545  
SU ASESOR EN ERIC





## DEDICATORIA

*A mis queridos padres Teófilo y Brígida, por su apoyo moral inmesurado durante mi formación profesional e inculcarme valores para desenvolverme éticamente en la vida y ejercicio profesional.*

*También a mis queridos abuelos Jesús Q.E.P.D. y Nicolasa Q.E.P.D., Leandro y Josefa, familiares en general, por darme aliento y fortaleza para concretar una de las metas importantes en mi formación profesional.*

**Alexis Vladimir Vilca Quispe**



## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a Dios, por darme muchas fuerzas y salud para poder culminar esta meta.*

*A mis padres Maria y Nicomendes por brindarme todo el apoyo durante mi formación profesional. Del mismo modo a mis hermanos(as)*

*A mis abuelos Agustín Q.E.P.D. y Dominga Q.E.P.D. y Siríaco Q.E.P.D. y Paula Q.E.P.D.*

*A nuestros docentes de nuestra querida escuela profesional por impartir sus conocimientos y experiencias para el desarrollo de nuestra formación.*

**Elmer Robinson Machaca Humpiri**



## AGRADECIMIENTOS

Dar las gracias en primera instancia a Dios, por brindarnos mucha fortaleza y valor dar por concluido este proyecto de investigación.

A nuestra alma mater, Universidad Nacional del Altiplano por habernos acogido en sus aulas, especialmente a la escuela profesional de Ingeniería Civil y nuestros catedráticos quienes compartieron sus conocimientos para poder ejercer nuestra profesión con mucho profesionalismo y ética.

Los autores desean expresar su gratitud a nuestros jurados, Ing. Nicolás Luza Flores, ing. Guillermo Nestor Fernandez Sila, e Ing. José Luis Cutipa Arapa, por su ayuda en el desarrollo de nuestra tesis.

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, nuestro director de tesis, por su apoyo incondicional durante todo el proceso de desarrollo y realización de este estudio. Constantemente busca formas de mejorar el trabajo que se presenta.

Quisiera expresar mi gratitud a mis amigos por compartir con nosotros sus conocimientos, experiencias e historias.

**Alexis Vladimir Vilca Quispe**  
**Elmer Robinson Machaca Humpiri**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>24</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>26</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>28</b>
1.2.1 Problema general .....	28
1.2.2 Problemas específicos.....	28
<b>1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>29</b>
1.3.1 Hipótesis general.....	29
1.3.2 Hipótesis específicas.....	29
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....</b>	<b>29</b>
<b>1.5 OBJETIVOS.....</b>	<b>30</b>
1.5.1 Objetivo general.....	30
1.5.2 Objetivos específicos .....	30



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>32</b>
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	32
2.1.2	Antecedentes nacionales .....	36
2.1.3	Antecedentes locales .....	39
<b>2.2</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>42</b>
2.2.1	Adobe.....	42
2.2.2	Arcilla .....	43
2.2.3	Limo.....	43
2.2.4	Arena fina .....	44
2.2.5	Arena gruesa .....	44
2.2.6	Dimensionamiento del adobe.....	44
2.2.7	Vanos y puertas.....	46
2.2.8	Mortero .....	49
2.2.9	Viga collar.....	49
2.2.10	Paja.....	51
2.2.11	Viruta .....	51
2.2.12	Ensayo de flexión.....	51
2.2.13	Ensayo de compresión .....	52
2.2.14	Sismo .....	54
2.2.15	Riesgo por exposición.....	57
2.2.16	Sismos ocurridos en la región de Puno .....	58
2.2.17	Principales tipos de fallas en construcciones con adobe.....	59
2.2.18	Ensayos de campo.....	62





2.2.19 Ensayos de laboratorio .....	64
-------------------------------------	----

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1</b>	<b>ÁMBITO DE ESTUDIO .....</b>	<b>71</b>
<b>3.2</b>	<b>PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.....</b>	<b>71</b>
<b>3.3</b>	<b>PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO .....</b>	<b>72</b>
3.3.1	Material de Canteras .....	72
3.3.2	Extracción del Ichu para elaboración adobe .....	77
3.3.3	Potencial de producción de eucalipto .....	77
3.3.4	Viabilidad del uso de viruta de eucalipto.....	79
3.3.5	Extracción de eucalipto.....	80
3.3.6	Obtención de las virutas de eucalipto .....	82
<b>3.4</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>82</b>
3.4.1	Tipo de investigación.....	82
3.4.2	Nivel de investigación .....	83
3.4.3	Diseño de investigación .....	83
3.4.4	Población y muestra.....	83
<b>3.5</b>	<b>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>85</b>
3.5.1	Propiedad de los materiales .....	85
3.5.2	Determinación de las dimensiones del ambiente rural de adobe. ....	103
3.5.3	Elaboración de adobes patrón y añadido con virutas de eucalipto al 25%, 50% y 75% para las dos zonas de estudio (dimensiones 40cm x 19cm x 10cm).....	108



3.5.4	Elaboración de adobes patrón y añadido con virutas de eucalipto al 25%, 50% y 75% para las dos zonas de estudio (dimensiones 10m x 10cm x 10cm).....	116
3.5.5	Ensayo de alaveo de los adobes .....	122
3.5.6	Ensayo de compresión. ....	125
3.5.7	Ensayo de flexión con carga puntual en el centro de luz.....	131
3.5.8	Dosificación empírica de los materiales para una unidad de adobe patrón .....	137
3.5.9	Justificación de del modelo a escala. ....	142
3.5.10	Elaboración de adobes a escala reducida. ....	143
3.5.11	Elaboración de modelo de ambiente rural a escala 1/10.....	145
3.5.12	Ensayo dinámico de modelos a escala.....	146
3.5.13	Fases en ensayos dinámicos.....	147
3.5.14	Identificación de los tipos de falla en los prototipos en adobes sin adición de virutas de eucalipto y adicionado con virutas de eucalipto. ....	148
3.5.15	Análisis de los cuatro modelos a escala con el ensayo dinámico .....	153
<b>3.6</b>	<b>DISEÑO ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>157</b>
3.6.1	Prueba estadística.....	157
3.6.2	Prueba de hipótesis .....	161

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1</b>	<b>RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE. 163</b>	
4.1.1	Ensayo de compresión simple cantera Chupa.....	163
4.1.2	Ensayo de compresión simple cantera Chucuito .....	169



4.1.3	Comparación de la propiedad mecánica de ensayo a compresión simple del adobe .....	177
4.1.4	Resistencia a flexión cantera Chupa .....	178
4.1.5	Resistencia a flexión de cantera Chucuito .....	184
4.1.6	Confrontación de la propiedad mecánica de ensayo de flexión del adobe .....	190
4.1.7	Comparación entre las propiedades mecánicas de ensayo de compresión y flexión del adobe con virutas de eucalipto .....	191
4.1.8	Resultados de ensayo dinámico para modelos a escala 1/10. ....	193
<b>4.2</b>	<b>PRUEBA DE HIPÓTESIS - CONTRASTACIÓN.....</b>	<b>199</b>
4.2.1	Ensayo a compresión .....	199
4.2.2	Resistencia a la flexión .....	206
4.2.3	Comportamiento sísmico .....	212
<b>4.3</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>219</b>
<b>5.</b>	<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>223</b>
<b>6.</b>	<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>226</b>
<b>7.</b>	<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>227</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>231</b>

**ÁREA:** Construcciones

**TEMA:** Artesanía ancestral en las edificaciones del Altiplano

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Construcciones y Gerencia

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 27 de diciembre de 2024



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág</b>
<b>Tabla 1</b> Total en muestra para ensayo de compresión simple en zona norte .....	84
<b>Tabla 2</b> Total en muestra para ensayo de compresión simple en zona sur .....	84
<b>Tabla 3</b> Total en muestra para resistencia a flexión en zona norte .....	85
<b>Tabla 4</b> Total en muestra para resistencia a flexión en zona sur .....	85
<b>Tabla 5</b> Contenido de humedad cantera Chupa .....	87
<b>Tabla 6</b> Contenido de humedad cantera Chucuito. ....	87
<b>Tabla 7</b> Ensayo de análisis granulométrico para la cantera Chucuito. ....	91
<b>Tabla 8</b> Resultados del ensayo de granulometría cantera Chucuito. ....	92
<b>Tabla 9</b> Ensayo de análisis granulométrico cantera Chupa. ....	93
<b>Tabla 10</b> Resultados de análisis granulométrico de la cantera Chupa. ....	94
<b>Tabla 11</b> Resultado obtenido limite liquido cantera Chucuito.....	97
<b>Tabla 12</b> Resultado obtenido limite plástico cantera Chucuito. ....	98
<b>Tabla 13</b> Resumen de resultados de índice de plasticidad cantera Chucuito.....	99
<b>Tabla 14</b> Resultado obtenido de límite líquido cantera Chupa. ....	100
<b>Tabla 15</b> Resultado obtenido limite plástico cantera Chupa.....	100
<b>Tabla 16</b> Resumen de resultados de índice de plasticidad cantera Chupa. ....	101
<b>Tabla 17</b> Tabla resumen de ensayos de laboratorio.....	102
<b>Tabla 18</b> Resultados de ensayo de alaveo para la cantera Chupa. ....	123
<b>Tabla 19</b> Resultados de ensayo de ensayo de alaveo para la cantera Chucuito. ....	124
<b>Tabla 20</b> Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón cantera Chupa. ....	127
<b>Tabla 21</b> Resultados de muestras ensayadas a compresión simple adobe patrón + 25% virutas de eucalipto cantera Chupa. ....	127



<b>Tabla 22</b> Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón + 50% virutas de eucalipto cantera Chucuito. ....	128
<b>Tabla 23</b> Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón + 75% virutas de eucalipto cantera Chupa. ....	128
<b>Tabla 24</b> Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón cantera Chucuito. ....	129
<b>Tabla 25</b> Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón + 25% virutas de eucalipto cantera Chucuito. ....	129
<b>Tabla 26</b> Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón + 50% virutas de eucalipto cantera Chucuito. ....	130
<b>Tabla 27</b> Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón + 75% virutas de eucalipto cantera Chucuito. ....	130
<b>Tabla 28</b> Comparación de resultados según normativa E 080, para la cantera Chupa.	131
<b>Tabla 29</b> Comparación de resultados según normativa E 080, para la cantera Chucuito. ....	131
<b>Tabla 30</b> Resultados ensayados a flexión de adobe patrón cantera Chucuito. ....	134
<b>Tabla 31</b> Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 25% virutas de eucalipto cantera Chucuito. ....	134
<b>Tabla 32</b> Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 50% virutas de eucalipto cantera Chucuito. ....	135
<b>Tabla 33</b> Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 75% virutas de eucalipto cantera Chucuito. ....	135
<b>Tabla 34</b> Resultados ensayados a flexión de adobe patrón cantera Chupa. ....	136
<b>Tabla 35</b> Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 25% virutas de eucalipto cantera Chupa. ....	136



<b>Tabla 36</b>	Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 50% virutas de eucalipto cantera Chupa.....	137
<b>Tabla 37</b>	Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 75% virutas de eucalipto cantera Chupa.....	137
<b>Tabla 38</b>	Pesos de muestra cantera Chupa. ....	139
<b>Tabla 39</b>	Pesos de muestra cantera Chucuito.....	140
<b>Tabla 40</b>	Dosificación por adobe patrón - Cantera Chupa.....	140
<b>Tabla 41</b>	Dosificación por adobe patrón + 50% VE - Cantera Chupa.....	141
<b>Tabla 42</b>	Dosificación por adobe patrón - Cantera Chucuito. ....	141
<b>Tabla 43</b>	Dosificación por adobe patrón + 50% VE - Cantera Chucuito.....	142
<b>Tabla 44</b>	Pesos de muestra cantera Chucuito.....	143
<b>Tabla 45</b>	Evolución de la estructura de modelo a escala cantera Chupa Adobe patrón. .....	153
<b>Tabla 46</b>	Evolución de la estructura de modelo a escala cantera Chupa Adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto.....	154
<b>Tabla 47</b>	Evolución de la estructura de modelo a escala cantera Chucuito Adobe patrón. .....	155
<b>Tabla 48</b>	Evolución de la estructura de modelo a escala cantera Chucuito Adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto. ....	156
<b>Tabla 49</b>	Análisis de varianza. ....	157
<b>Tabla 50</b>	Resultados de las muestras ensayadas a compresión simple de cantera Chupa. .....	164
<b>Tabla 51</b>	Resultados de resistencia ultima a compresión de adobe patrón de cantera Chucuito.....	170



<b>Tabla 52</b> Contraste de propiedades mecánicas a compresión simple para cantera Chupa. .....	177
<b>Tabla 53</b> Contraste de propiedades mecánicas a compresión simple para cantera Chucuito.....	177
<b>Tabla 54</b> Resultados para el ensayo de flexión de la cantera Chupa. ....	178
<b>Tabla 55</b> Resultados para el ensayo de flexión de la cantera Chucuito. ....	184
<b>Tabla 56</b> Confrontación de propiedades mecánicas de ensayo de flexión cantera Chupa. .....	190
<b>Tabla 57</b> Confrontación de propiedades mecánicas de ensayo de flexión cantera Chucuito.....	190
<b>Tabla 58</b> Valores de aceleración sísmica en modelos a escala. ....	198
<b>Tabla 59</b> Valores de aceleración sísmica en modelos a escala real. ....	198
<b>Tabla 60</b> Descripción del terremoto, incluida la mayor aceleración y su relación con la escala.....	199
<b>Tabla 61</b> Valores de aceleración sísmica en modelos a escala real. ....	200
<b>Tabla 62</b> Valores de aceleración sísmica en modelos a escala real. ....	201
<b>Tabla 63</b> Información del factor cantera Chupa. ....	202
<b>Tabla 64</b> Información del factor cantera Chupa. ....	202
<b>Tabla 65</b> Valores de aceleración sísmica en modelos a escala real. ....	203
<b>Tabla 66</b> Valores de aceleración sísmica en modelos a escala real. ....	204
<b>Tabla 67</b> Información del factor cantera Chucuito. ....	205
<b>Tabla 68</b> Información del factor cantera Chucuito. ....	205
<b>Tabla 69</b> Datos para la prueba de normalidad. ....	206
<b>Tabla 70</b> Prueba de normalidad. ....	207
<b>Tabla 71</b> Información del factor cantera Chupa. ....	208



<b>Tabla 72</b> Información del factor cantera Chupa. ....	209
<b>Tabla 73</b> Datos para la prueba de normalidad. ....	210
<b>Tabla 74</b> Prueba de normalidad – cantera Chucuito. ....	210
<b>Tabla 75</b> Información del factor cantera Chucuito. ....	212
<b>Tabla 76</b> Información del factor cantera Chucuito. ....	212
<b>Tabla 77</b> Datos para la prueba de normalidad – cantera Chupa. ....	213
<b>Tabla 78</b> Prueba de normalidad – Cantera Chupa. ....	214
<b>Tabla 79</b> Información del factor cantera Chupa. ....	215
<b>Tabla 80</b> Información del factor cantera Chupa. ....	215
<b>Tabla 81</b> Datos para la prueba de normalidad – cantera Chupa. ....	216
<b>Tabla 82</b> Prueba de normalidad – cantera Chupa. ....	217
<b>Tabla 83</b> Información del factor cantera Chucuito. ....	218
<b>Tabla 84</b> Información del factor cantera Chucuito. ....	218
<b>Tabla 85</b> Cuadro de resumen de ensayo a compresión del adobe con las adiciones de 0%, 25%, 50% y75% - cantera Chupa y Chucuito. ....	223
<b>Tabla 86</b> Cuadro de resumen de resistencia a flexión del adobe con las adiciones de 0%, 25%, 50% y75% - cantera Chupa y Chucuito.....	224





## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág</b>
<b>Figura 1</b> Elaboración de adobe. ....	43
<b>Figura 2</b> Dimensionamiento del adobe. ....	45
<b>Figura 3</b> Dimensionamiento del adobe. ....	45
<b>Figura 4</b> Falla por tracción diagonal. ....	46
<b>Figura 5</b> Distancia entre muro y vanos de puertas y ventanas. ....	47
<b>Figura 6</b> Distancia de separación entre vano de puerta y ventana debe ser de 1.00m. como mínimo. ....	47
<b>Figura 7</b> Distancias para vanos de ventanas. ....	48
<b>Figura 8</b> La superposición de adobe en muros deben estar en la mitad de la junta. ....	48
<b>Figura 9</b> Viga colla puede de madera. ....	50
<b>Figura 10</b> Viga collar de concreto armado. ....	50
<b>Figura 11</b> Se muestra prueba de resistencia a la flexión. ....	52
<b>Figura 12</b> Se muestra el ensayo de compresión. ....	53
<b>Figura 13</b> Relación entre escala de Mercalli y Aceleración Sísmica. ....	56
<b>Figura 14</b> Relación entre escala de Mercalli y escala de Richter. ....	57
<b>Figura 15</b> Falla por tracción en los encuentros. ....	60
<b>Figura 16</b> Falla de muro por flexión. ....	61
<b>Figura 17</b> Falla de muro por corte. ....	61
<b>Figura 18</b> Prueba de presencia de arcilla ....	64
<b>Figura 19</b> Ensayo de contenido de Humedad ....	66
<b>Figura 20</b> Estados del Suelo y Límites de Plasticidad. ....	67
<b>Figura 21</b> Cazuela o Aparato de Casa Grande. ....	67
<b>Figura 22</b> Equipo para limite plástico. ....	68



<b>Figura 23</b>	Imagen obtenida de Google Maps, muestra la ruta de Juliaca a Chupa. ....	72
<b>Figura 24</b>	Vista satelital de Google Eart Pro de la cantera de la zona Norte.....	73
<b>Figura 25</b>	Vista satelital de Google Maps muestra la ruta Juliaca Chucuito. ....	74
<b>Figura 26</b>	Vista satelital de Google Eart Pro de la cantera de la zona sur.....	75
<b>Figura 27</b>	Extracción de muestra de cantera Chupa .....	76
<b>Figura 28</b>	Imagen material extraído de la cantera Chucuito.....	76
<b>Figura 29</b>	Extracción de ichu para la elaboración de abobe. ....	77
<b>Figura 30</b>	Extracción de rollizo de eucalipto en Chupa.....	81
<b>Figura 31</b>	Extracción de rollizo de eucalipto en Chucuito .....	81
<b>Figura 32</b>	Extracción de virutas de eucalipto .....	82
<b>Figura 33</b>	Ensayo de contenido de humedad .....	88
<b>Figura 34</b>	Cuarteo manual con muestra seca para realizar ensayo de granulometría. ..	89
<b>Figura 35</b>	Ensayo de granulometría para ambas canteras.....	90
<b>Figura 36</b>	Curva granulométrica de cantera Chucuito .....	92
<b>Figura 37</b>	Curva granulométrica cantera Chupa.....	94
<b>Figura 38</b>	Ensayo para determinar el índice de plasticidad .....	97
<b>Figura 39</b>	Determinación de límite líquido a 25 golpes. ....	98
<b>Figura 40</b>	Clasificación del material pasante de No 40. Para la cantera Chucuito. ....	99
<b>Figura 41</b>	Determinación de límite líquido a 25 golpes. ....	101
<b>Figura 42</b>	Clasificación del material pasante de No 40. Para la cantera Chupa. ....	102
<b>Figura 43</b>	Dimensiones del adobe.....	104
<b>Figura 44</b>	Dimensiones en planta del ambiente rural típico. ....	106
<b>Figura 45</b>	Elevación Frontal del modelo a escala.....	107
<b>Figura 46</b>	Elevación lateral del modelo a escala. ....	107
<b>Figura 47</b>	Elevación posterior del modelo a escala. ....	108



<b>Figura 48</b>	Proceso de elaboración de adobe patrón. ....	110
<b>Figura 49</b>	Adobe patrón ambas canteras.....	111
<b>Figura 50</b>	Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %). ....	112
<b>Figura 51</b>	Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %). ....	113
<b>Figura 52</b>	Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %). ....	114
<b>Figura 53</b>	Proceso de secado del adobe para someter a ensayo a flexión.....	115
<b>Figura 54</b>	Proceso de secado del adobe ambas canteras. ....	115
<b>Figura 55</b>	Muestra patrón.....	117
<b>Figura 56</b>	Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %). ....	118
<b>Figura 57</b>	Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %). ....	119
<b>Figura 58</b>	Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %). ....	120
<b>Figura 59</b>	Proceso de secado del adobe ambas canteras. ....	121
<b>Figura 60</b>	Proceso de secado del adobe ambas canteras. ....	121
<b>Figura 61</b>	Se muestra el procedimiento para el ensayo de alaveo de los adobes.....	122
<b>Figura 62</b>	Roturas de muestras cubicas en la máquina de compresión.....	126
<b>Figura 63</b>	Gráfico de Ensayo a flexión. ....	132
<b>Figura 64</b>	Aplicación de carga en un solo punto de la muestra de adobe.....	133
<b>Figura 65</b>	Pesado de adobes con el contenido óptimo de agua.....	139
<b>Figura 66</b>	Elaboración de adobes patrón y adobe añadido con viruta de eucalipto a escala 1/10. ....	145
<b>Figura 67</b>	Elaboración del modelo a escala 1/10 del ambiente rural. ....	146
<b>Figura 68</b>	Modelos a escala para que sea sometido a ensayo dinámico. ....	147
<b>Figura 69</b>	Modelos a escala ensayados en mesa vibratoria. ....	148
<b>Figura 70</b>	Fallas luego del ensayo dinámico en modelo con adobe patrón de la cantera Chupa.....	149



<b>Figura 71</b> Falla de ensayo dinámico en modelo con AP + 50% VE de la cantera Chupa. .....	150
<b>Figura 72</b> Ensayo dinámico en modelo con adobe patrón de la cantera Chucuito. ....	151
<b>Figura 73</b> Falla de ensayo dinámico en modelo con AP + 50% VE de la cantera Chucuito. .....	152
<b>Figura 74</b> Representación gráfica de tiempo vs. Aceleración – Cantera Chupa adobe patrón.....	153
<b>Figura 75</b> Representación gráfica de tiempo vs. Aceleración – Cantera Chupa adobe patrón + 50% VE.....	154
<b>Figura 76</b> Representación gráfica de tiempo vs. Aceleración – Cantera Chucuito adobe patrón.....	155
<b>Figura 77</b> Representación gráfica de tiempo vs. Aceleración – Cantera Chucuito adobe patrón + 50% VE.....	156
<b>Figura 78</b> Resistencias últimas a compresión del adobe patrón cantera Chupa. ....	165
<b>Figura 79</b> Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto cantera Chupa. ....	166
<b>Figura 80</b> Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto cantera Chupa. ....	167
<b>Figura 81</b> Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto cantera Chupa. ....	168
<b>Figura 82</b> Resistencia promedio a compresión VS incorporación de viruta de eucalipto para cantera Chupa. ....	169
<b>Figura 83</b> Resistencias últimas a compresión del adobe patrón cantera Chucuito. ....	171
<b>Figura 84</b> Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto cantera Chucuito. ....	172



<b>Figura 85</b>	Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto cantera Chucuito. ....	173
<b>Figura 86</b>	Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto cantera Chucuito. ....	174
<b>Figura 87</b>	Resistencia promedio a compresión VS incorporación de viruta de eucalipto en cantera Chucuito. ....	175
<b>Figura 88</b>	Confrontación de resultados promedio de ensayo a compresión ambas zonas de estudio. ....	176
<b>Figura 89</b>	Muestras ensayadas a compresión. ....	176
<b>Figura 90</b>	Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón cantera Chupa. ....	179
<b>Figura 91</b>	Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto cantera Chupa. ....	180
<b>Figura 92</b>	Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto cantera Chupa. ....	181
<b>Figura 93</b>	Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto cantera Chupa. ....	182
<b>Figura 94</b>	Resistencia promedio a flexión VS incorporación de viruta de eucalipto en cantera Chupa. ....	183
<b>Figura 95</b>	Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón Chucuito. ....	185
<b>Figura 96</b>	Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto cantera Chucuito. ....	186
<b>Figura 97</b>	Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto cantera Chucuito. ....	187



<b>Figura 98</b> Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto cantera Chucuito. ....	188
<b>Figura 99</b> Resistencia promedio a flexión VS incorporación de viruta de eucalipto en cantera Chucuito .....	189
<b>Figura 100</b> Confrontación de resultados promedio de ensayo de flexión ambas zonas de estudio.....	191
<b>Figura 101</b> Ensayo de compresión vs. Ensayo de flexión para cantera Chupa. ....	192
<b>Figura 102</b> Ensayo de compresión vs. Ensayo de flexión para cantera chupa. ....	193
<b>Figura 103</b> Se muestra la variación de las aceleraciones de modelo adobe patrón cantera Chupa.....	194
<b>Figura 104</b> Se muestra la variación de las aceleraciones de modelo AP+50% VE cantera Chupa.....	195
<b>Figura 105</b> Se muestra la variación de las aceleraciones de modelo adobe patrón cantera Chucuito. ....	196
<b>Figura 106</b> Se muestra la variación de las aceleraciones de modelo AP+50% VE cantera Chucuito. ....	197



## ACRÓNIMOS

**AP:** Adobe patrón.

**AP + 25% VE:** Adobe patrón adicionado 25% de virutas de eucalipto.

**AP + 50% VE:** Adobe patrón adicionado 50% de virutas de eucalipto.

**AP + 75% VE:** Adobe patrón adicionado 75% de virutas de eucalipto.

**f<sub>c</sub>:** Resistencia última del adobe a compresión, (kgf/cm<sup>2</sup>).

**R:** Módulo de ruptura del adobe (kgf/cm<sup>2</sup>)

**F:** Razón.

**α:** Nivel de significancia

**P:** Media de probabilidad

**H<sub>0</sub>:** Hipótesis nula.

**H<sub>1</sub>:** Hipótesis alternativa.

**W%:** Contenido de humedad

**NTP:** Normativa técnica peruana.

**g:** Aceleración sísmica

**MM:** Mercalli Modificada (MM)

**ML:** Magnitud Local



## RESUMEN

El proyecto de investigación tiene por objeto evaluar la influencia de añadir virutas de eucalipto en el adobe y comparar las propiedades de estas y el comportamiento sísmico del modelo a escala reducida añadida con virutas de eucalipto en los distritos de Chupa y Chucuito. El estudio incluyó ensayos de compresión, flexión y dinámicos sobre una mesa vibratoria de modelos a escala. El adobe patrón se elaboró con material de cantera, paja o ichu y agua. El adobe se mejoró añadiendo 25%, 50% y 75% de virutas de eucalipto, en relación con el peso de paja. Y se utilizaron respectivamente 24 muestras cúbicas de 10 cm, 24 muestras prismáticas de 40cmx19cmx10cm para cada zona de estudio y cuatro modelos a escala. Los resultados indicaron que la proporción óptima de virutas de eucalipto a añadir al adobe es del 50%. Esto se debe a que la adición del 50% mejora en el ensayo de resistencia a compresión del adobe hasta en 48.44% para la cantera Chupa y en un 13.21% para la cantera Chucuito, respecto al adobe patrón. En las canteras Chupa y Chucuito, la resistencia a la flexión aumentó un 24.75%. en la cantera Chucuito, para la cantera Chupa en un 68.25% esto para la adición de 50% de virutas de eucalipto. En el ensayo de simulación sísmica dinámica, la estructura demostró ser más dúctil que la ensayada con bloques de adobe convencionales. En conclusión, la incorporación de virutas de eucalipto en el material de adobe resultó en una mejora de la ductilidad de la estructura.

**Palabras Clave:** Adobe, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, sismo, viruta de eucalipto.





## ABSTRACT

The purpose of the research project is to evaluate the influence of the addition of eucalyptus chips on the properties and seismic behavior of the reduced scale model added with eucalyptus chips in the districts of Chupa and Chucuito. The study included compression, flexural and dynamic tests on a shaking table of scale models. The standard adobe was made with quarry material, straw or ichu and water. The adobe was improved by adding 25%, 50% and 75% of eucalyptus chips, in relation to the weight of straw. And respectively 24 cubic samples of 10 cm, 24 prismatic samples of 40cmx19cmx10cm for each study area and four scale models were used. The results indicated that the optimum proportion of eucalyptus chips to be added to the adobe is 50%. This is because the addition of 50% improves the compressive strength of the adobe by 48.44% for the Chupa quarry and 13.21% for the Chucuito quarry, with respect to the standard adobe. In the Chupa and Chucuito quarries, the flexural strength increased by 24.75% in the Chucuito quarry and by 68.25% in the Chupa quarry for the addition of 50% eucalyptus chips. In the dynamic seismic simulation test, the structure proved to be more ductile than the one tested with conventional adobe blocks. In conclusion, the incorporation of eucalyptus chips in the adobe material resulted in an improvement of the ductility of the structure.

Keywords: Adobe, compressive strength, flexural strength, earthquake, eucalyptus chips.

**Keywords:** Adobe, compressive strength, flexural strength, earthquake, eucalyptus chip.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Gracias a su bajo costo y fácil elaboración, el adobe tiene una larga e ilustre historia. Esto se debe al hecho de que la mayoría de las casas en diferentes regiones del mundo en diversas partes del mundo utilizan Adobe como material base para la construcción. El adobe se considera un material de base para la construcción por su bajo costo y fácil elaboración, lo que permite crear edificios significativos de gran valor artístico. Arg-e Bam (Irán), Chan-Chan (Perú) y el oasis de Siwa (Egipto) son ejemplos de lugares con importancia histórica y artística.

Con el pasar del tiempo dicho material ha ido perdiendo su importancia por el bajo desempeño sismorresistente que posee un adobe artesanal puesto que una construcción de este material pueden sufrir daños estructurales severos que podrían llegar al colapso causando pérdidas humanas significativas por lo que se ha propuesto utilizar ciertos estabilizadores como la paja que ayuda a disminuir el agrietamiento, el estiércol de vaca que posee un efecto reforzador y ayuda a repeler insectos, la savia de la penca de tuna que disminuye la permeabilidad en el adobe y la sangre de toro que reduce significativamente el agrietamiento.(Llunitassig & Siza, 2017)

Perú es una de las naciones que forman parte del Cinturón de Fuego del Pacífico. Esta región se distingue por la presencia de placas en subducción, que son placas tectónicas en proceso de hundimiento en una zona oceánica. Es la confluencia de dos placas tectónicas, la de Nazca (oceánica) y la sudamericana (continental), la responsable de los movimientos sísmicos que se crean a lo largo de la costa de Perú. Cuando estas placas entran en contacto se producen vibraciones de desplazamiento longitudinal. La



transmisión de esto se produce a través de movimientos sísmicos que varían en magnitud según la escala de Richter. A lo largo de los años, Perú ha reportado al Instituto Geofísico del Perú (IPG) movimientos sísmicos de diversa magnitud ocurridos en todo su territorio. Estos movimientos han provocado terribles tragedias. A las tres minutos y veintitrés segundos de la tarde del 31 de mayo de 1970, el departamento de Ancash fue escenario de un terremoto de 7,8 grados en la escala de Richter. Como consecuencia directa del mismo, 64.000 personas perdieron la vida y otras 150.000 resultaron heridas. (Salome & Polamazza, 2020)

En nuestra región de Puno en la localidad de Lampa, se han evaluado ocho viviendas de adobe en las afueras de dicha localidad, podemos mencionar que cinco viviendas presentan fallas por cortante que representan la mayoría de viviendas, dos presentan fallas por tracción y una vivienda presenta una falla por flexión, asimismo del total de viviendas evaluadas, seis viviendas se encuentran en riesgo de colapso y ninguna de las viviendas evaluadas cuenta con algún refuerzo sismorresistente, como lo mencionan las normativas técnicas peruanas. (Jacinto & Chambilla, 2022)

También se ha señalado que en las afueras de la ciudad de Lampa se siguen construyendo edificios de adobe sin ningún tipo de refuerzo sismorresistente. Esto se debe a que las viviendas de adobe son más económicas y fáciles de construir. Según entrevista a los pobladores de zona, este tipo de viviendas se continúan construyendo de manera tradicional porque no cuentan con asesoramiento técnico por parte de las diferentes entidades competentes y/o profesionales entendidos en la materia para mejorar dichas construcciones de viviendas en adobe, a su vez mencionan que diferentes materiales como sogas cabuya y carrizos son de difícil obtención en la zona (Jacinto & Chambilla, 2022)



Si la situación actual prevalece, las construcciones tradicionales de las viviendas hechas de adobe no mejorado persistirán los daños en las viviendas de estas cuando se produzca un evento sísmico.

Se propone que los adobe puedan reforzarse con virutas de eucalipto a fin de disminuir las posibilidades de colapso de una vivienda en caso de un evento sobrenatural, que podría ocurrir en cualquier momento, dado que la zona de Puno no es inmune a este suceso natural. Esto se haría con el fin de enfrentar los impactos negativos que se indicaron anteriormente. Se recomienda que los ladrillos de adobe sean reforzados con virutas de eucalipto para disminuir el peligro de caída de la vivienda en caso de un evento sobrenatural, que podría ocurrir en cualquier momento, dado que la zona de Puno no es inmune a este fenómeno natural. Esto se haría con el fin de combatir los impactos negativos que se indicaron anteriormente.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

- ¿Cómo influye la adición de las virutas de eucalipto en el adobe en su comportamiento sísmico de un ambiente rural típico del Altiplano?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo influye la adición de virutas de eucalipto, con dosificaciones de 0%, 25.00%, 50.00% y 75.00% en el ensayo a resistencia de compresión simple del bloque de adobe?
- ¿Cómo influye la adición de virutas de eucalipto, con dosificaciones de 0%, 25.00%, 50.00% y 75.00% en el ensayo a flexión del bloque de adobe?
- ¿Cómo influye la adición de las virutas de eucalipto en el adobe en su comportamiento sísmico de un ambiente rural construido con este adobe



reforzado con respecto a los ambientes rurales construidos con adobe tradicional?

### **1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1 Hipótesis general**

- La adición de las virutas de eucalipto en el adobe mejora el comportamiento sísmico de un ambiente rural típico del Altiplano.

#### **1.3.2 Hipótesis específicas**

- La adición de virutas de eucalipto incrementa la resistencia de compresión simple del adobe.
- La adición de virutas de eucalipto incrementa la resistencia a la flexión del adobe.
- El comportamiento sísmico de un ambiente rural construido con adobe adicionado con virutas de eucalipto mejora el desempeño del ambiente frente a un evento sísmico

### **1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La región de Puno cuenta con viviendas de adobe con un porcentaje de 10.56 % de las viviendas construidas de adobe a nivel nacional ubicándose así en el tercer lugar a nivel nacional y con 58.65 % en el primer lugar de todos los tipos de viviendas construidas en el departamento de Puno según (INEI – 2017) siendo el adobe o tapial el material predominante que utiliza la región de Puno para edificación de sus viviendas.

Un terremoto de magnitud moderada de 5,5 en la escala de Richter se produjo en la zona centro-sur de Perú el 1 de diciembre de 2016. El epicentro del seísmo se situó a 58 kilómetros al este de la localidad de Lampa, a 45 kilómetros al noroeste del distrito de



Santa Lucía y como a 25 kilómetros al sureste de Condoroma, todas ellas situadas en el departamento de Puno. Este terremoto se sintió a una profundidad de diez kilómetros. El número total de viviendas afectadas fue de 223; 134 de ellas se derrumbaron, y cuatro instituciones públicas y dos iglesias quedaron destruidas. Paratía, Ocuwiri y VilaVila son las zonas más afectadas.

De no mejorar la fabricación de la unidad de adobe, al ocurrir un evento sísmico de una magnitud igual o mayor registrado anteriormente en la región de Puno, continuarán con mayores daños los ambientes construidos con adobe convencional.

Con el presente trabajo de investigación, se realizará un estudio para poder mejorar y reforzar los ambientes construidos con adobe, de esta manera reducir los daños causados por un evento sobrenatural como los sismos.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

- Evaluar las propiedades mecánicas de la adición de las virutas de eucalipto en el adobe y comportamiento sísmico de un ambiente rural usando un modelo a escala reducida en el altiplano.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de la adición de virutas de eucalipto, con dosificaciones de 0%, 25.00%, 50.00% y 75.00% en el ensayo a resistencia de compresión simple del bloque de adobe.
- Determinar la influencia de la adición de virutas de eucalipto, con dosificaciones de 0%, 25.00%, 50.00% y 75.00% en el ensayo de flexión del bloque de adobe.



- Evaluar el comportamiento sísmico entre un ambiente rural de la zona en estudio y el otro ambiente construido con adobe adicionado con virutas de eucalipto, usando modelos a escala.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Llunitassig & Siza, (2017) el objetivo de su investigación era obtener el ensayo a compresión del adobe hecho a mano que había sido adicionado con estiércol de vaca, sangre de toro, savia de nopal espinoso y paja. Así mismo, querían se propusieron evaluar el comportamiento sísmico del adobe hecho de forma artesanal utilizando un modelo a escala. Esta investigación es una investigación experimental en la que se estabiliza adobe hecho a mano con varios materiales, incluyendo ichu, estiércol de vaca, savia de nopal espinoso y sangre de toro. Con la finalidad del análisis, se realizaron diez combinaciones diferentes de los materiales mencionados. En los casos en los que la combinación propuesta se basaba en savia de higo chumbo, había que dejar reposar la mezcla de forma tradicional y añadir los estabilizantes en el momento de elaborar los adobes. La Normativa E.080 se actualizó mediante un proyecto que incluía la creación de seis ejemplos de cada combinación. Estas muestras se desarrollaron con la forma y las dimensiones que se especificaron en el proyecto. Basándose en el estudio realizado, se estableció que los adobes hechos a mano fueron capaces de mantener su estabilidad con los siguientes ingredientes: ichu, estiércol de vaca, savia de higo chumbo y sangre de toro. El ensayo de compresión de los adobes legó obtener 10.08 kilogramos por centímetro cuadrado, 10.21 kilogramos por centímetro cuadrado, 10.26 kilogramos por centímetro cuadrado y 10.36 kilogramos por centímetro cuadrado. Se concluye que combinación que fue más optimo fue la de





barro dormido y la adición de estabilizantes con sangre de toro y estiércol de vaca obtuvo la mayor resistencia a la compresión, alcanzando un valor de 11,29 kg por cm<sup>2</sup> a los treinta días.

Vasquez et al., (2023) su estudio se realizó con el objetivo de determinar las propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado, al incorporar materiales vegetales en su elaboración; se utilizó como muestra patrón la fibra de ichu al 2.5 %, en comparación al uso de tres niveles de fibra de pino (2.5 %, 5 % y 7 %). Una vez finalizado el análisis de las características de compresión, flexión y absorción, se produjeron un total de veinticuatro adobes para cada uno de los porcentajes de adición indicados. En los niveles de 2.5%, 5% y 7%, la resistencia última a compresión en adobe de fibra de pino se logró un 35.65 kilogramos por centímetro cuadrado, 34.68 kilogramos por centímetro cuadrado y 28.95 kilogramos por centímetro cuadrado, respectivamente. El ensayo de compresión del adobe de fibra de ichu fue de 42.75 kg/cm<sup>2</sup>, muy superior a la del adobe de fibra de pino. Los adobes que se construyeron con fibra de ichu en un porcentaje del 2.5% obtuvieron una resistencia de 33.02 kg/cm<sup>2</sup> durante el proceso de evaluación de la resistencia a la flexión. Esta resistencia fue mayor que las resistencias de 27.07 kilogramos por centímetro cuadrado, 25.20 kilogramos por centímetro cuadrado, y 26.00 kilogramos por centímetro cuadrado que fueron alcanzadas por las otras dos formas de refuerzo. Durante el proceso de medición de la saturación del adobe, los resultados obtenidos hacia el adobe con fibra Ichu fueron en 2.92%. Estos resultados fueron muy superiores a los obtenidos para el adobe con fibra de pino, que fueron de 2.74%, 3.05% y 2.80%, respectivamente. Como resultado de este estudio, se ha demostrado que la incorporación de fibra de ichu al 2.5% produce un aumento de la resistencia última a compresión y



flexión en comparación con incorporar fibra de pino al 2,5%, 5% y 7%. Sin embargo, la incorporación de fibra de ichu tiene una absorción menor en relación con la fibra de pino.

Magaña, (2021) en su investigación con el objetivo de proponer diferentes proporciones de agregados de óxido de calcio, fibra de coco y arcilla, para determinar la resistencia mecánica y térmica de las mezclas; respecto a la mezcla tradicional del adobe. se trata de una investigación experimental, de lo cual obteniendo resultados realizó un examen de compresión de las tres probetas representativas de cada unidad experimental. Para ello se utilizó una prensa universal. El área de contacto de la carga es una placa cilíndrica de cuatro pulgadas de diámetro, lo que resulta en una superficie menor que la de las probetas, que tenían una sección cuadrada de diez centímetros por diez centímetros. Por lo tanto, se colocó una placa de acero de doce centímetros por doce centímetros y seis milímetros de grosor en cada una de las caras superior e inferior. Esto se hizo para garantizar que el peso aplicado se distribuyera uniformemente por toda la superficie. La unidad experimental que se produjo como resultado del diseño de las cuatro mezclas para cada tratamiento fue del 20%, 40%, 60% y 80% respectivamente para 1, 2, 3 y 4. A continuación se muestra la carga máxima resistente y la deformación de cada una de las tres probetas que se ensayaron, y finalmente se presenta el promedio de los valores y el valor de la compresión que se produjo, donde se concluye en este ítem, podemos afirmar que se concluyó el desarrollo de un tipo de adobe mejorado con óxido de calcio y fibra de coco. El cumplimiento de las características físico-mecánicas se comparó con el adobe tradicional que se utilizó como control, y los resultados mostraron que la resistencia media de las probetas más altas fue de aproximadamente cincuenta por



ciento. Sin embargo, el treinta y cinco por ciento de las probetas presentó valores superiores al ochenta por ciento, el treinta por ciento presentó valores que estuvieron al ochenta y cinco por ciento de la capacidad de carga mínima establecida en la literatura, y el treinta y cinco por ciento restante tuvo valores inferiores al diez por ciento de la misma normativa peruana E 080.

Cuitiño-Rosales et al., (2019) el objetivo de la investigación era investigar las cualidades de resistencia térmica y mecánica de los materiales y componentes de construcción compuestos por suelos naturales que habían sido estabilizados. Para lograr este objetivo, se utilizó una técnica analítica comparativa que incluía un diseño experimental, y se completó con éxito la recopilación de datos. A través de su investigación, llegó a la conclusión de que el aspecto que se investigaba era el comportamiento de la resistencia mecánica, particularmente en el caso de la compresión simple. Específicamente, esto se debe al hecho de que la resistencia mecánica se encuentra entre los atributos mecánicos más importantes de los componentes y materiales que se utilizan en el desarrollo del suelo. En lo que respecta al ensayo a ensayo de compresión simple, encontramos un rango de variación para el adobe conta entre 3 kilogramos por centímetro cuadrado y 21 kilogramos por centímetro cuadrado, con la excepción de un único resultado de 30,4 kilogramos por centímetro cuadrado, en el que las resistencias a tracción y a cortante son muy bajas. Se observa un aumento de la resistencia en compresión simple en el caso del bloque de tierra comprimido, con valores que oscilan entre 17 kilogramos por centímetro cuadrado y 121,8 kilogramos por centímetro cuadrado. Estos valores se pueden comparar a los del ladrillo quemado típico, que pueden variar entre 17.5 kilogramos por centímetro cuadrado y 70 kilogramos por



centímetro cuadrado, y a los del bloque hueco de hormigón, que oscilan entre 45.5 kilogramos por centímetro cuadrado y 130 kilogramos por centímetro cuadrado.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Carlos, (2019) el fin de su estudio era determinar la resistencia a compresión y flexión del adobe estabilizado con la incorporación en tres porcentajes diferentes con virutas metálicas: 1.5%, 3.0% y 4.50%. La granulometría por lavado, los límites de consistencia, el contenido de humedad y la técnica Proctor a modificada fueron algunos ensayos de suelo que se llevaron a cabo como parte de este proyecto de estudio, diseñado de forma experimental. Estos valores son superiores a los establecidos bajo la normativa E.080 - Adobe, indicando una resistencia mínima para compresión de 10.20 kg/cm<sup>2</sup>. Estos valores son superiores a los indicados en la normativa E.080 - Adobe, que contempla que la resistencia mínima para compresión debe ser de 10.2 kg/cm<sup>2</sup>. Durante el ensayo de compresión, los datos obtenidos sugieren que los adobes compactados logran alcanzar la resistencia última de 19.69 kg/cm<sup>2</sup> en la muestra estándar. La muestra estándar también obtiene cifras de 38.21 kilogramos por centímetro cuadrado, 50,12 kilogramos por centímetro cuadrado y 54,94 kilogramos por centímetro cuadrado para porcentajes de 1,5%, 3,0% y 4,5%, respectivamente. Estos valores se muestran para la muestra estándar. Cuando se trata del ensayo de flexión, adobe estabilizado que forma parte de muestras estándar tiene un valor de 21.60 kilogramos por centímetro cuadrado. Sin embargo, cuando se expone a a proporciones de 1.50%, 3.00% y 4.5%, presenta valores de 35.57 kilogramos por centímetro cuadrado, 40.36 kilogramos por centímetro cuadrado y 54.44 kilogramos por centímetro cuadrado. Los bloques de adobe estabilizados con porcentajes que obtienen mayor resistencia que la muestra estándar. Como



resultado, se puede concluir que los adobes compactados con adición de viruta metálica al 1.5%, 3.0% y 4.5% obtuvieron unos valores ensayo de compresión de 38.21 kilogramos por centímetro cuadrado, 5.12 kilogramos por centímetro cuadrado y 54.94 kilogramos por centímetro cuadrado, mientras que en ensayo de flexión fue de 35.57 kilogramos por centímetro cuadrado, 40,36% kilogramos por centímetro cuadrado y 54.44 kilogramos por centímetro cuadrado. Además, los adobes compactados con 4.5% de incremento de viruta metálica alcanzado en ensayo de compresión superior a la obtenida por Carcedo, en 2012, al añadir nano sílice en la producción de adobes, cuyo valor es de 45.1 kilogramos por centímetro cuadrado.

Barreto & Garcia, (2019) el objetivo principal del estudio fue evaluar la resistencia del adobe reforzado con paja de trigo para la construcción de viviendas en el distrito de Chalaco-Piura, 2019. Los objetivos particulares de la investigación fueron identificar los porcentajes de materiales que se requerían en la producción para adobe muy bien reforzados. Del mismo modo, examinó ensayos de compresión y flexión de la unidad de adobe reforzado con paja al 1.00 %, 3.00 % por último 5.00 %, además de la resistencia de una muestra de referencia. También se exploró con inclusión de paja de trigo usando unidades de adobe resultaba en una mermación del porcentaje de absorción de agua durante la prueba de 24 horas utilizando la técnica de prueba capilar y con agua destilada. Esto se hizo con el fin de determinar si la incorporación de paja de trigo produce o no una reducción. Se utilizó un diseño cuasi-experimental y aplicado. Se concluyó que reforzando los adobe con diferentes incrementos (1%, 3% y 5%) con paja de trigo, el adobe aumenta su esfuerzo, el cual se demostrar con los ensayos de laboratorio al dosificar con paja de trigo como estabilizante interno



mejoran las propiedades mecánicas y físicas de una unidad de adobe, donde se logró los esfuerzos mínimos de esfuerzos a la compresión y esfuerzos a la flexión que son mayores a los esfuerzos mínimos que determina la normativa E-080.

Calzada, (2022) este esfuerzo de estudio se realiza con la intención de mejorar las cualidades físicas y mecánicas del adobe mediante la inclusión de fibras plásticas y fibras de paja en el proceso de producción. La investigación se realizó, utilizando una metodología hipotético-deductiva, aplicando el diseño experimental, aplicado, con un nivel explicativo-correlacional. Se tomo como población de noventa ensayos, en los que se añadieron dos tipos diferentes de fibras al adobe. El primer tipo de fibra fue la fibra plástica, y se añadió en una proporción del 1,0% y del 2,5% en sustitución del volumen del suelo. Para reemplazar el material, también se inyectó la segunda fibra de paja en una proporción del 1% y el 2,5% respectivamente. Se realizaron dos pruebas físicas, absorción y erosión acelerada, así como dos ensayos mecánicos, compresión y tracción, de acuerdo con el diseño factorial 22. Los resultados de estas pruebas demostraron que cada diseño tenía una mejor respuesta en comparación con el modelo convencional. Los resultados de estas pruebas demostraron que cada dosificación tenía una mejor respuesta en comparación con el modelo convencional. Se utilizó un porcentaje mínimo del uno por ciento y un porcentaje máximo del dos y medio por ciento en relación con el peso seco, y se diseñaron cuatro modelos factoriales con el objetivo de garantizar que las fibras interceptaran todos los aspectos posibles de combinación, determinando así buenas combinaciones en la mejora de la resistencia. La conclusión que se puede extraer es que la adición de fibras plásticas y fibras de paja mejora las propiedades físicas y mecánicas del adobe.



### 2.1.3 Antecedentes locales

Ticona, (2020) realizó su estudio con el propósito de evaluar los valores de ensayo de compresión, esfuerzo a tracción, ensayo de flexión por último absorción de agua del adobe reforzado incorporando fibras de coco, el tipo de investigación se aplicó con diseño experimental y cuasi experimental, con una cantidad de 64 unidades de adobe de las cuales 16 se diseñadas con suelo, agua y paja y 48 unidades de adobe elaboradas de suelo, agua y fibras de coco en incorporaciones progresivas en 0.5%, 1% y 2% respecto al peso unitario del adobe estándar (16 de cada) por dosificación, resultando las siguientes resistencias a compresión, tracción y flexión: 14.2 kilogramos por centímetro cuadrado, 1.86 kilogramos por centímetro cuadrado y 4.6 kilogramos por centímetro cuadrado (adobe estandar); 13.6 kilogramos por centímetro cuadrado, 2.33 kilogramos por centímetro cuadrado y 4.7 kilogramos por centímetro cuadrado (0,5% fibra de coco); 12.7 kilogramos por centímetro cuadrado, 2.67 kilogramos por centímetro cuadrado y 4.9 kilogramos por centímetro cuadrado (1,0% fibra de coco); 11.3 kilogramos por centímetro cuadrado, 3.36 kilogramos por centímetro cuadrado y 5.0 kilogramos por centímetro cuadrado (2,0% fibra de coco). Los valores correspondientes son 0 kg/cm<sup>2</sup> y 2,0% de fibras de coco, En conclusión, el aumento del porcentaje de fibras de coco, utilizado como refuerzo natural del adobe, produce una reducción de hasta el 20.42% en su resistencia a compresión y una mejora de hasta el 80.64% y el 8.69% en su resistencia a tracción y flexión, respectivamente. Estos resultados se obtuvieron en el ensayo de absorción de agua con una saturación del 24,68% alcanzada durante el periodo de 24 horas, demostrando una mejora del 0%. Todos estos resultados son en comparación con el adobe estándar.



Gonzales, (2022) realizó su estudio con la finalidad de mejorar la resistencia y durabilidad de bloques de adobe con estabilización de cemento para la construcción de viviendas autoconstruidas para familias de escasos recursos en el caserío de Ramis, Taraco, Huancané, el tipo de investigación fue de tipo analítico (multivariado) debido a que se estiman parámetros para la investigación, con una muestra de 70 unidades de adobe de los cuales: 14 fueron adobe tradicional, 14 ch'ampa, 14 adobes fueron estabilizados con 5% de cemento, 14 adobes fueron estabilizados con 10% de cemento y 14 adobes con 15% de cemento, teniendo como resultado en la resistencia a la erosión a los 10 minutos en el adobe tradicional 20.5 mm, en el ch'ampa 23,25 mm, en el adobe estabilizado con 5% de cemento 10,5 mm, en el adobe estabilizado con 10% de cemento 5,75 mm y en el adobe estabilizado con 15% de cemento 3,5 mm; y en el ensayo de absorción a las 24 horas: en el ch'ampa 52,13%, en el adobe estabilizado con 5% de cemento 18,70%, en el adobe estabilizado con 10% de cemento 14.53% y en el adobe estabilizado con 15% de cemento 8.86%, concluyendo que en las pruebas de compresión el adobe estabilizado con 5% de cemento alcanza una resistencia de 52.44%, el adobe estabilizado con 10% de cemento aumenta en 70.05% y finalmente el adobe estabilizado con 15% de cemento supera a un bloque de mampostería tradicional en 124.99%.

Jacinto & Chambilla, (2022) con la finalidad de proponer un modelo de vivienda de adobe reforzado con malla metálica sismorresistente para la localidad de Lampa, distrito y provincia de Lampa - Puno, la investigación fue de diseño explicativo cuasi-experimental. Esto debido a que se toman datos específicos para cada prueba. La vivienda tipo que se oferta tiene un espacio útil interior de 12,88 metros cuadrados, y las siguientes son las especificaciones de su exterior:





dimensiones de 5.40 metros de largo, 3,60 metros de ancho y 0,40 metros cuadrados de adobe. Para obtener tensiones longitudinales en el software SAP2000, se tomaron datos de módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson del adobe estándar 87.092 mega pascales y 0.21 y del nuevo adobe 114.333 mega pascales y 0.167 según corresponde, se obtienen valores de los esfuerzos longitudinales, 35 toneladas por metro cuadrado a 49 toneladas por metro cuadrado se tiene que el nuevo modelo de adobe desarrollado con una superficie inferior de 1.303 metros cuadrados respecto de la superficie del antiguo modelo de adobe existente, se ejecuta la simulación en una en equipo simulaciones sísmicas, este ensayo se realiza en cuatro etapas con distinta amplitud así mismo frecuencia, logrando una falla con valores de amplitud de 3 centímetros y 2.5 Hertz a escala real con un tiempo de falla para el prototipo sin refuerzo es de 13 segundos y para el modelo reforzado es de 25 segundos a una aceleración sísmica máxima 0.305g que representaría un sismo en la Escala de Mercalli VII percepción del temblor muy fuerte, concluyendo que el mejor prototipo con refuerzo de malla metálica fue falla por corte mas no colapsa la estructura, esto implica que este modelo reforzado optimo y propuesta para futuras construcciones de casas con adobe en las afueras de Lampa.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Adobe

Se define al adobe como “Unidad de tierra cruda es un tipo de material de construcción que se puede combinar con elementos como paja o arena gruesa con el fin de aumentar su resistencia y durabilidad” (Ministerio de vivienda & Construcción y saneamiento, 2017).

El adobe representa un ladrillo fabricado con tierra cruda que se moldea en estado plástico, se seca al aire libre y luego se asienta en un mortero de tierra. A lo largo de la historia, los ladrillos de tierra fueron inicialmente moldeados a mano en formas como esferas o conos, antes de ser producidos en moldes y su industrialización por parte de los productores de ladrillos cocidos, quienes finalmente adoptaron la fabricación de ladrillos sin cocer debido a su menor costo. En muchos países en vías de desarrollo, la construcción con tierra (adobe) se ha convertido en la alternativa de vivienda más común, puesto que es abundante y económico. Sin embargo, es por esto que estas edificaciones tradicionales de tierra suelen ser informal y carece de asesoría técnica. Como resultado, la calidad de estas construcciones suele ser muy deficiente. En áreas sísmicas, se produce un colapso significativo de muchas estructuras de tierra durante los terremotos, lo que ocasiona considerables pérdidas económicas y lamentables pérdidas de vidas (Gatti, 2012).

Esta técnica se fundamenta en el uso de elementos sólidos o unidades de barro sin cocer. Las dimensiones de estas unidades varían ampliamente y se definen tanto por la tradición como por criterios constructivos. En promedio, las dimensiones pueden oscilar desde aproximadamente 30 centímetros de largo por

15 centímetros de ancho y por 7 centímetros de alto, hasta dimensiones del orden de 40 cm de largo por 20 cm de ancho por 10 cm de alto (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2016).

### **Figura 1**

*Elaboración de adobe.*



Fuente: obtenido de (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2016)

#### **2.2.2 Arcilla**

La arcilla es un componente fundamental y esencial del suelo, siendo el único material activo presente. Cuando entra en contacto con el agua, adquiere una propiedad de amasado y se vuelve plástica, lo que le permite cohesionar las partículas inertes del suelo para formar barro. En su estado sólido el barro adquiere una resistencia que lo convierte en un material constructivo utilizable. La arcilla se caracteriza por tener partículas muy pequeñas, con un tamaño inferior a dos micras (0.002 mm) (Ministerio de vivienda & Construcción y saneamiento, 2017).

#### **2.2.3 Limo**

Es un material inerte y estable y no presenta propiedades cohesivas cuando se encuentra en mezcla con el agua. Está compuesto por partículas de roca con



tamaños que varían entre 0.002 mm y 0.08 mm (Ministerio de vivienda & Construcción y saneamiento, 2017).

#### **2.2.4 Arena fina**

Además de carecer de cualidades cohesivas, la arena fina es un componente inerte que mantiene su estabilidad cuando entra en contacto con el agua. Partículas de roca tan pequeñas como 0,08 milímetros y tan grandes como 0,50 milímetros forman parte de su composición. Es posible que el limo provoque una mayor compactación del suelo en algunas circunstancias (Ministerio de vivienda & Construcción y saneamiento, 2017).

#### **2.2.5 Arena gruesa**

La arena gruesa es un componente inerte que no tiene cualidades cohesivas y se mantiene intacto en contacto con el agua. Según las Normativas Técnicas Peruanas y ASTM No. 30 y No. 4, está constituida por partículas de roca que fluctúan en tamaño de 0.6 milímetros a 4.75 milímetros. A medida que el barro se seca, estas partículas contribuyen a la formación de la estructura granular que es resistente al proceso de secado. Los estudios de laboratorio demuestran al incorporar arena gruesa a los suelos arcillosos provoca una reducción del número de grietas durante el procedimiento de secado, causando la reducción del grosor de dichas grietas. A su vez, conduce a un aumento de la resistencia del barro seco (Ministerio de vivienda & Construcción y saneamiento, 2017).

#### **2.2.6 Dimensionamiento del adobe**

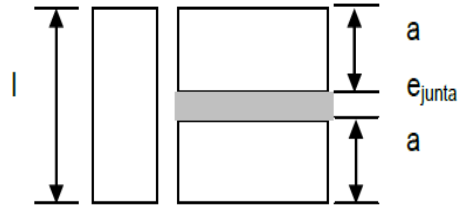
Existen diferentes criterios para poder definir las dimensiones del adobe las cuales tenemos como siguen:

- a) “La longitud del adobe no debe ser mayor que el doble de su ancho más el espesor de una junta de pega” (Zelaya, 2007).

**Figura 2**

*Dimensionamiento del adobe.*

$$l \leq 2a + e_{\text{junta}}$$

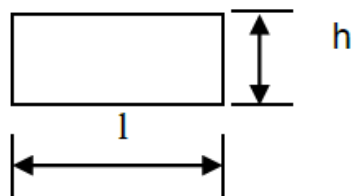


Fuente: (Zelaya, 2007)

- b) “La relación entre la longitud del adobe en el plano del muro y su altura no debe ser menor que 4 para construcciones hechas con adobe sin estabilización, ni menor que 3 para adobe estabilizado” (Zelaya, 2007).

**Figura 3**

*Dimensionamiento del adobe.*



$$\frac{l}{h} \geq 4 \text{ para adobes sin estabilizar}$$

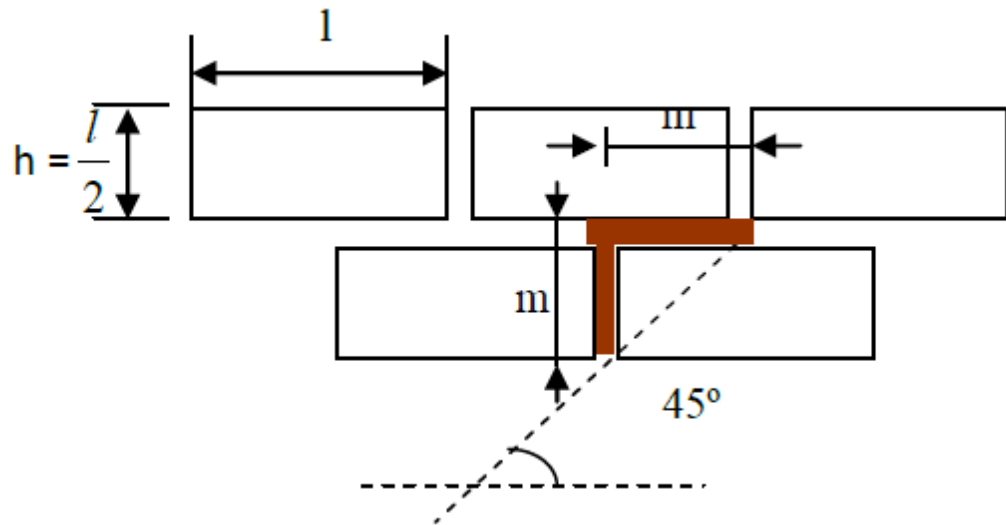
$$\frac{l}{h} \geq 3 \text{ para adobe estabilizado}$$

Fuente: (Zelaya, 2007)

- c) “El peso del adobe, debe ser como máximo 30 Kg Cuando se observa una pared de adobe, se puede apreciar la falla por sismo que es a 45° (falla por tracción diagonal)” (Zelaya, 2007).

**Figura 4**

*Falla por tracción diagonal.*



Fuente: (Zelaya, 2007)

La falla deberá ser por rotura del adobe y no por la junta. Del gráfico cuando  $h = \frac{l}{2} \rightarrow \frac{l}{h} = 2$ .

Se debe evitar usar porque conduce hacia el camino a la falla por sismo. En conclusión, el largo debe ser mayor que el doble del ancho, de tal manera que, si se produce falla, sería por rotura del adobe y no en las juntas. (Zelaya, 2007)

### 2.2.7 Vanos y puertas

**Según (Zelaya, 2007) “Los vanos de puertas y ventanas deben alejarse como mínimo 1.20 de la pared transversal”**

### Figura 5

*Distancia entre muro y vanos de puertas y ventanas*

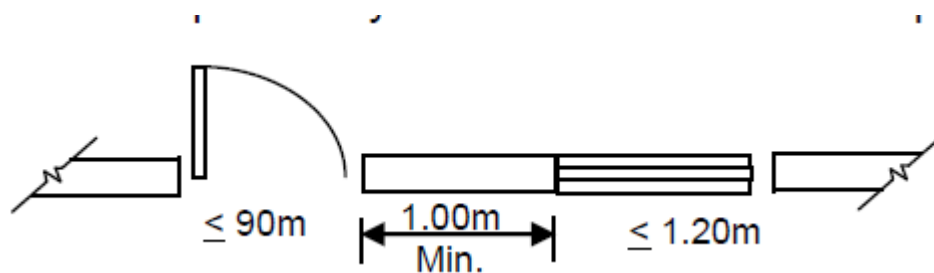


Fuente: (Zelaya, 2007)

- d) “Los Las puertas y ventanas deben estar separadas entre sí al menos un metro” (Zelaya, 2007).
- e) “La abertura de la puerta no debe superar los noventa centímetros” (Zelaya, 2007).

### Figura 6

*Distancia de separación entre vano de puerta y ventana debe ser de 1.00m. como mínimo.*

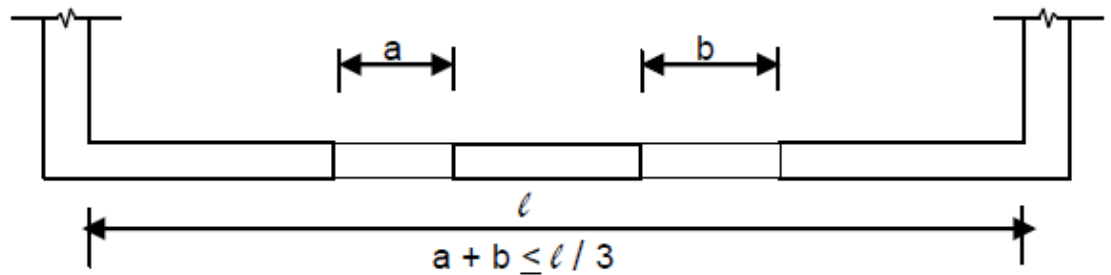


Fuente: (Zelaya, 2007)

- f) “El vano de ventana no debe ser mayor de 1.20m ni debe tener una altura mayor de 0.90m” (Zelaya, 2007).

### Figura 7

*Distancias para vanos de ventanas.*

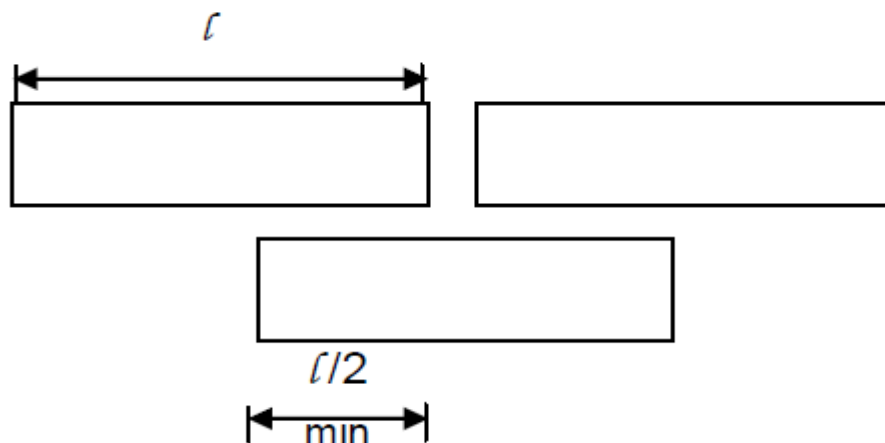


Fuente; (Zelaya, 2007).

- La sumatoria de anchos de vanos de una pared no deberá exceder de  $1/3$  de su longitud.
- Considerar la separación entre casas adyacentes deberá ser como mínimo: 5 centímetros.
- Si tengo una construcción antigua evitar reparar es preferible construir una nueva pared.
- Queda prohibido construir esquinas en ochavos.
- Todos los adobes deberán quedar trasladados como mínimo  $1/2$  adobe.

### Figura 8

*La superposición de adobe en muros deben estar en la mitad de la junta.*



Fuente: (Zelaya, 2007).





### 2.2.8 Mortero

Según Zelaya, (2007) Es esencial que el mortero sea de un tipo que permita el menor agrietamiento posible. En caso de que el mortero se fracture, los adobes se separarán unos de otros. Además, el mortero se desinfla. Además, el mortero se contrae, pero al estar limitado por los adobes acaba agrietándose. Cuando el barro se mezcla con paja o arena los resultados son los mismos; sin embargo, la contracción se reduce cuando se utiliza la paja. Cuando se produce un fallo, debemos asegurarnos de que el mortero no es lo único que falla, sino que tanto el mortero como el adobe son los culpables del fallo.

- Dosificaciones que puedan evitar que falle:
- Mortero: Cemento – arena 1:8 ó 10
- Mortero: Cemento – tierra + arena

Mortero: Cemento – tierra + arena + 1% asfalto RC – 250 No se debe usar

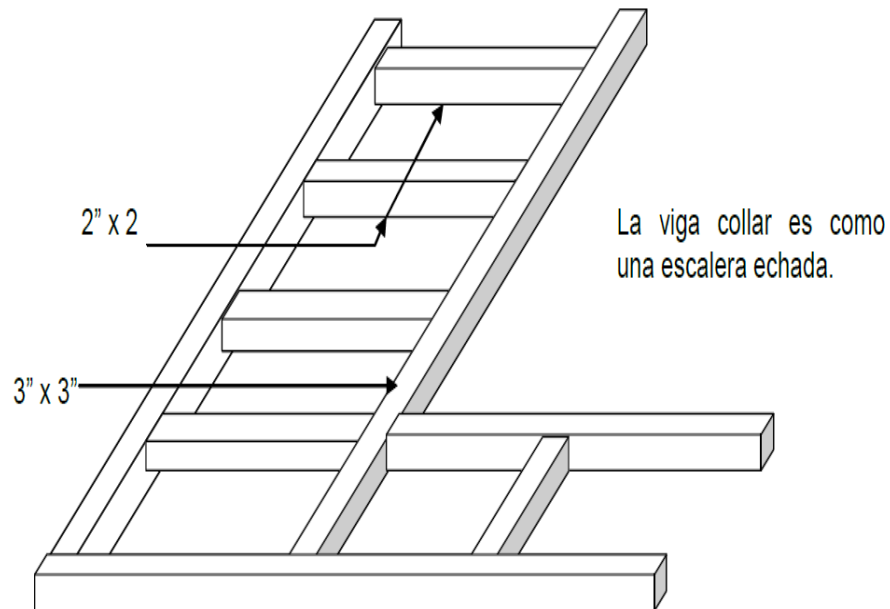
### 2.2.9 Viga collar

Todas y cada una de las estructuras de adobe deben tener una viga de collarín que se fije adecuadamente al muro de manera que funcione como arriostamiento. Esta viga de collarín puede ser de hormigón, madera o malla metálica y hormigón. La viga de collarín debe tener un dintel.

Componente de la estructura que debe utilizarse y que suele unir los tejados y las entreplantas a las paredes con la estructura. Por lo tanto, funciona como elemento de arriostamiento horizontal, ya que está suficientemente rigidizado en su plano. (Zelaya, 2007)

### Figura 9

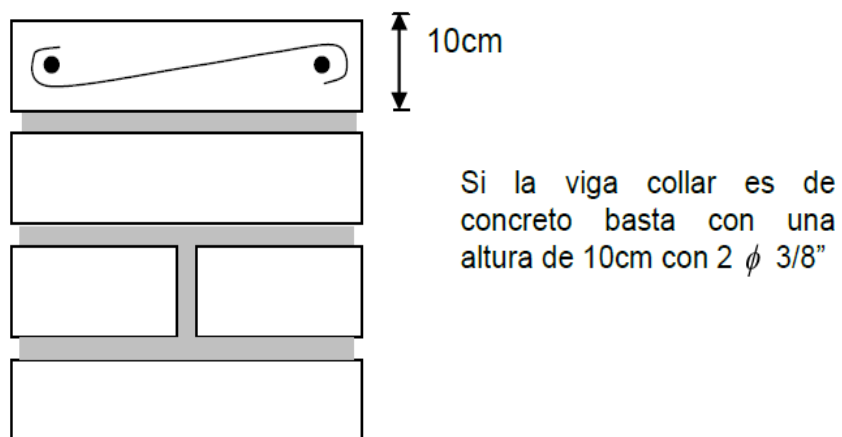
*Viga collar puede de madera.*



Fuente: (Zelaya, 2007).

### Figura 10

*Viga collar de concreto armado.*



Fuente: (Zelaya, 2007).



### **2.2.10 Paja**

La paja es un material ampliamente utilizado como estabilizador mecánico en la construcción. Aunque no reacciona químicamente con el suelo, proporciona al adobe una mayor resistencia a la tracción. Además, acelera el proceso de secado del adobe y ayuda a reducir las fisuras causadas por la retracción durante dicho proceso. La paja también contribuye a brindar estabilidad al suelo en condiciones variables de humedad (Salinas, 2017).

### **2.2.11 Viruta**

La viruta es una delgada lámina que se forma al realizar labores de cepillado o trabajos en madera y metales. Surge como resultado de la acción de herramientas como el cepillo, y se presenta en forma de espiral al desprenderse. Es un residuo característico de estos procesos con una apariencia alargada y curvada que se puede encontrar en el suelo o acumulada en la superficie de trabajo. La viruta puede variar en tamaño y grosor dependiendo de la herramienta utilizada y del material sobre el cual se está trabajando. Su formación es un indicador visual de la actividad de corte o desbaste en el proceso de labrado de la madera o los metales.

Para la presente investigación se hará el uso de las virutas obtenidas del eucalipto, que es abundante en las zonas de estudios propuestas (Real Academia Española, 2023).

### **2.2.12 Ensayo de flexión**

La capacidad de un material para resistir fuerzas aplicadas de manera perpendicular a su eje longitudinal es de vital importancia en la determinación de

las propiedades mecánicas relacionadas con los esfuerzos y las deformaciones en los puntos de máxima rotura. Además, también es relevante evaluar los módulos elásticos durante la flexión del material. Estos análisis permiten comprender la respuesta del material frente a cargas externas y su capacidad para mantener su integridad estructural bajo condiciones de carga y deformación. En esencia, se busca entender cómo los materiales se comportan cuando se aplican fuerzas en ángulos perpendiculares a su dirección principal lo cual resulta fundamental en el diseño y la ingeniería de estructuras y componentes que requieren una resistencia adecuada en estas condiciones específicas (Camila Cabrea et al., 2017).

### **Figura 11**

*Se muestra prueba de resistencia a la flexión.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### **2.2.13 Ensayo de compresión**

Este ensayo de resistencia última a compresión es la que define su propiedad en la calidad de una unidad de mampostería. Un valor alto de ensayo de compresión indica excelente calidad y aptitud en usos estructurales y exposición. Siendo lo contrario, los valores bajos indican unidades de mampostería con poca resistencia y durabilidad. Sin embargo, medir correctamente esta propiedad es todo un reto.

## Figura 12

*Se muestra el ensayo de compresión.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Existe diversidad en formas y dimensiones de las unidades, especialmente en altura, dificulta establecer una relación directa entre los resultados que se obtienen de ensayar las muestras a compresión y la verdadera resistencia de las muestras. Esto se debe a los efectos de la forma y esbeltez en los valores medidos, así como a las limitaciones impuestas por los cabezales de las máquinas de compresión, que alteran el estado de esfuerzos en la unidad.

En resumen, la ensayo a compresión es crucial para evaluar la calidad de las unidades de albañilería, pero su medición precisa se ve influenciada por diversos factores, como la forma y dimensiones de las unidades, así como las restricciones impuestas por el proceso de ensayo (Camila Cabrea et al., 2017).



#### 2.2.14 Sismo

Los sismos, temblores o terremotos son eventos geológicos que se producen de manera repentina debido a la liberación instantánea de energía acumulada en una región del interior de la Tierra. Es importante tener siempre presente que los sismos son fenómenos completamente naturales, relacionados con los procesos que tienen lugar en nuestro planeta y no están vinculados al calor, al frío u otros fenómenos meteorológicos. La ocurrencia de un terremoto no está influenciada por la época del año ni por la hora del día (Chuy, 2013).

Un sismo se define por el movimiento de la corteza terrestre o las vibraciones en el suelo, resultado de una liberación repentina de energía mecánica proveniente de los mantos superiores de la corteza terrestre. Esta liberación ocurre cuando la deformación acumulada en un área limitada se libera de manera abrupta. La vibración en la superficie terrestre causada por el paso de un camión o un tren se conoce como microsismo o temblor, mientras que una erupción volcánica o un movimiento distórfico puede generar una vibración más intensa, produciendo un macrosismo o terremoto.

Cada año, en todo el mundo registran cientos de miles de terremotos de distinta magnitud, afortunadamente, la mayoría de ellos no cumplen los criterios para ser considerados terremotos, y un número importante de ellos tiene lugar en regiones marítimas o en lugares despoblados. Los terremotos tienen sus raíces en la tierra dispersos en profundidades que van de 0 a 700 km.

Es importante tener en cuenta que los sismos pueden tener consecuencias significativas, como la generación de tsunamis en fondos oceánicos, por lo tanto,

es fundamental contar con sistemas de monitoreo y medidas de prevención para mitigar su impacto en las zonas habitadas (Zelaya, 2007).

#### **2.2.14.1 Causas de los sismos**

Según los resultados de la investigación realizada, es posible afirmar que entre los factores que provocan los terremotos figuran el diastrofismo y la actividad volcánica. El hecho de que las zonas sísmicas y las regiones volcánicas se correspondan en un mapa del globo es lo que llevó a la creencia de que las erupciones volcánicas eran la principal fuente de terremotos. Esta teoría se basaba en la observación de que las zonas sísmicas y las regiones volcánicas coinciden. Es cierto que, cuando los volcanes entran en actividad, son capaces de producir terremotos potentes; sin embargo, estos movimientos vibratorios viven a ser de tipo local esto implica menos destructivos que los terremotos originados por procesos diastrosóficos. El diastrofismo es la causa probable de los terremotos más potentes que sacuden la litosfera, según las conclusiones de varias investigaciones realizadas en todo el planeta. La corteza terrestre se sacude cada vez que se desarrolla una falla o si los bloques se mueven a lo largo de la línea de falla. Esto hace que la corteza terrestre tiemble. El término «terremoto tectónico» se refiere a los terremotos que entran dentro de esta categoría (Zelaya, 2007).

#### **2.2.14.2 Relación entre la aceleración del sismo y la escala de Richter y la de Mercalli**

Existe una relación entre la aceleración del sismo y la escala Mercalli la cual se muestra en la siguiente figura.

**Figura 13**

*Relación entre escala de Mercalli y Aceleración Sísmica.*

<b>Escala Mercalli</b>	<b>Aceleración sísmica (g)</b>	<b>Percepción del temblor</b>	<b>Potencial de daño</b>
I	<0.0017	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017 – 0.014	Muy leve	Ninguno
IV	0.014 – 0.039	Leve	Ninguno
V	0.039 – 0.092	Moderado	Muy leve
VI	0.092 – 0.18	Fuerte	Leve
VII	0.18 – 0.34	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34 – 0.65	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65 – 1.24	Violento	Fuerte
X+	>1.24	Extremo	Muy fuerte

Fuente: (Llunitassig & Siza, 2017).

La cual a su vez según Llunitassig & Siza, (2017). Estas se relacionan entre escala Mercalli y Richter, para lo cual se muestra la siguiente figura:



**Figura 14**

*Relación entre escala de Mercalli y escala de Richter.*

Mercalli	Escala de Richter	Observaciones:
I..	Hasta 2.5 Instrumental	Sismo débil sólo registrado por sismógrafos.
II..	2,5 a 3,1 Muy débil	Percibido solo por personas en reposo
III..	3,1 a 3,7 Ligero	Percibido en áreas densamente pobladas por una parte de la población.
IV.-	3.7 a 4.3 Moderado	Sentido por personas en movimiento, algunas personas dormidas se despiertan.
V.-	4.3 a 4.9 Algo fuerte	Sentido en el exterior, se despiertan las personas.
VI.-	4,9 a 5,5 Fuerte	Percibido por todos, caminar inestable, arboles y materiales se agitan por el efecto del sismo
VII.-	5,5 a 6,1 Muy fuerte	Dificultad para mantenerse en pié objetos colgantes se caen, se puede producir pequeños
VIII..	6,1 a 6,7 Destructivo	Colapso parcial de estructuras, daños considerables en edificios ordinarios
IX.-	6,7 a 7,3 Ruinoso	construidas, completo colapso de edificaciones y casas, daños generales en los cimientos presas y
X..	7,3 a 7,9 Desastroso	Destrucción de la mayoría de las edificaciones, derrumbe de puentes, daños serios en presas y
XI..	7,9 a 8,4 Muy desastroso	Pocas estructuras quedan en pié fisuras grandes en el terreno.
XII.-	8,4 a 9 Catastrófico	Destrucción total, grandes masas de roca desplazadas, objetos lanzados al aire.

Fuente: (Llunitassig & Siza, 2017).

Esto se hará uso para el ensayo dinámico para la interpretación de resultados.

### **2.2.15 Riesgo por exposición**

Según (Hernando, 2017) En su informe, se señala que a raíz de los sismos ocurridos en 1991 (San Martín), 1996 (Nazca), 2001 (Arequipa), 2007 (Pisco) y 2016 (Cañón del Colca, Arequipa), se ha determinado que los daños que se han observado en viviendas y población se han producido en una proporción



significativa hasta niveles de intensidad VII. Esta conclusión se basa en la escala de Mercalli Modificada (MM), que corresponde a sismos originados en procesos de subducción, y V (MM) para sismos corticales. Estos valores pueden considerarse como valores de referencia para estimar los daños en barrios, viviendas y población (DVP).

### **2.2.16 Sismos ocurridos en la región de Puno**

Según el Instituto Geofísico del Perú la región de Puno, ha experimentado varios sismos históricos significativos. A continuación, se mencionan algunos de los eventos sísmicos más relevantes:

- Sismo de Magnitud M 6.9 (26 de mayo de 2022):
- Epicentro: 20 km al noreste de Ayaviri, Puno.
- Profundidad: 240 km.
- Intensidad: Percibido con intensidades de III y IV en la escala de Mercalli en Puno, Arequipa, Moquegua y Tacna. Este sismo fue ampliamente sentido en el sur del Perú y tuvo su origen en la deformación interna de la placa de Nazca.
- Sismo de Magnitud M 4.1 (13 de julio de 2024):
- Epicentro: Ciudad de Capaso, provincia de El Collao, Puno.

Este evento fue registrado por el Centro Sismológico Nacional del Instituto Geofísico del Perú (IGP) y es un ejemplo de la actividad sísmica constante en la región.

- Sismo de Magnitud M 4.2 (4 de mayo de 2024):
- Epicentro: Ciudad de Juliaca, provincia de San Román, Puno.



- Este temblor también fue registrado por el IGP y refleja la actividad sísmica habitual en la zona.
- Sismo de Lampa (1 de diciembre de 2016):
- Magnitud: 6.0 ML.

Este sismo ocurrió a 60 km al este de Lampa y es otro ejemplo significativo de la actividad sísmica en la región.

De acuerdo a lo mencionado líneas arriba se tiene que en el Perú se registro intensidades de hasta VII en la escala de Mercalli. En la region de Puno hasta la fecha se registro el sismo con una magnitud de 6.9 ML, con una intensidad de de III – IV en la escala de Mercalli.

Ahora para la presenete investigacion se tomo en consideracion estos datos historicos.

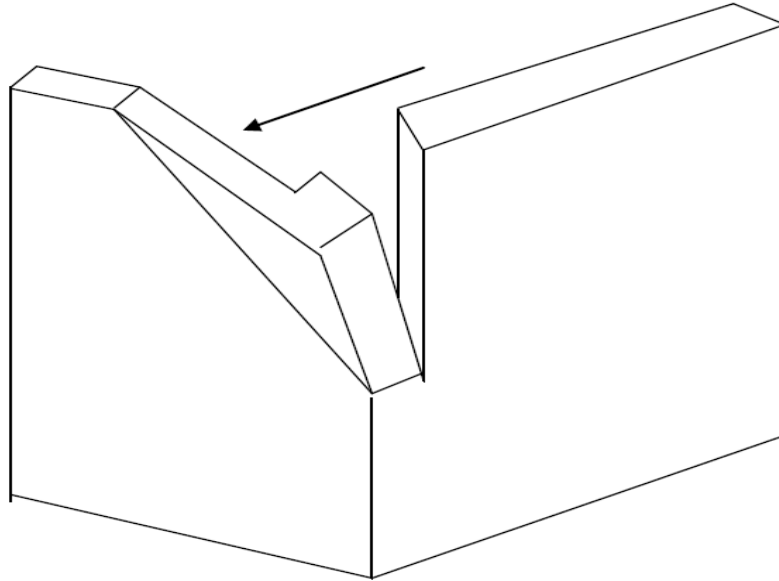
## **2.2.17 Principales tipos de fallas en construcciones con adobe**

### **2.2.17.1 Falla por tracción en los encuentros de muros**

En la figura 15 se ilustra este tipo de falla, que se debe principalmente a esfuerzos de tracción directa que se produce en uno de los muros, al dar arriostre lateral a otros muros del encuentro, esta situación se agrava cuando a este se superpone los esfuerzos de flexión. (Zelaya, 2007).

### Figura 15

*Falla por tracción en los encuentros.*



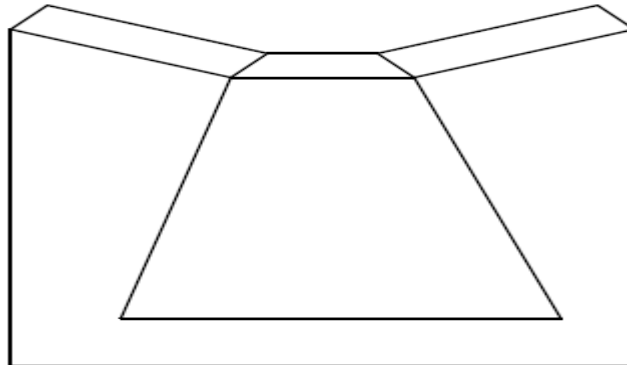
Fuente: (Zelaya, 2007)

#### 2.2.17.2 Falla por flexión

En la figura 16 se ilustra algunas de las variantes de este tipo de falla que se debe a los esfuerzos de tracción por flexión al actuar el muro como una losa apoyada en su base y en los elementos verticales que lo arriostran. La falla puede ocurrir en secciones horizontales verticales u oblicuas (Zelaya, 2007).

### Figura 16

*Falla de muro por flexión.*



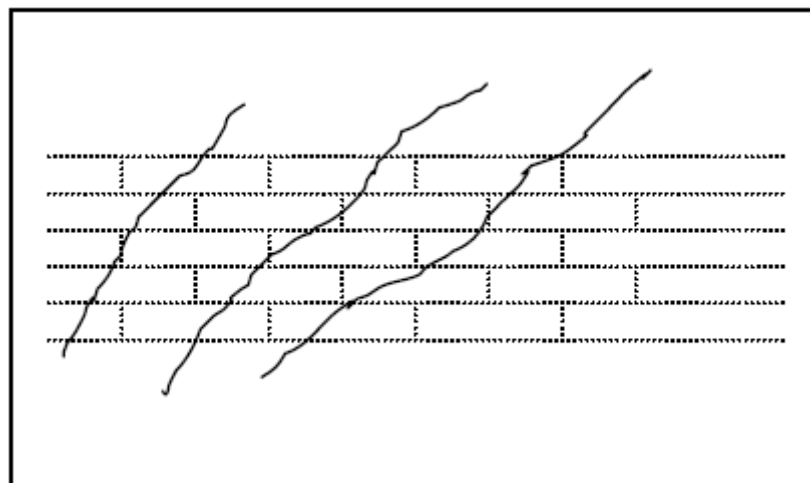
Fuente: (Zelaya, 2007)

### 2.2.17.3 Falla por corte

“En la figura 17 se ilustra este tipo de falla, que se produce cuando el muro trabaja como muro de corte. Se debe principalmente, a los esfuerzos tangenciales en las juntas horizontales” (Zelaya, 2007).

### Figura 17

*Falla de muro por corte.*



Fuente: (Zelaya, 2007)



## 2.2.18 Ensayos de campo

### 2.2.18.1 Prueba cinta de barro

Es posible realizar la prueba de la «cinta de barro», que dura unos diez minutos, para hacer una primera evaluación de la presencia de arcilla en una muestra de suelo. Para realizar la prueba, se utiliza un trozo de arcilla suficientemente humedecido para dar forma a un cilindro de 12 milímetros de diámetro. Se crea una cinta con un grosor de cuatro milímetros colocando la muestra en una mano y aplastándola progresivamente entre el pulgar y los dedos hasta completar el proceso de encintado. Después, se deja que la cinta de arcilla cuelgue por sí sola.

El resultado de la prueba se basa en la longitud que alcanza la cinta de barro al descolgarse, lo cual proporciona un contenido preliminar de arcilla en el suelo:

Cuando la cinta se fragmenta a los 10 centímetros o menos, indica que el suelo tiene un bajo contenido de arcilla.

Es importante tener en cuenta que esta prueba es una evaluación inicial y cualitativa, y se recomienda realizar análisis más rigurosos utilizando métodos y técnicas de laboratorio para una evaluación precisa del contenido de arcilla en el suelo (Ministerio de vivienda & Construcción y saneamiento, 2017).

### 2.2.18.2 Prueba “Presencia de arcilla” o Resistencia seca”

Se deben hacer cuatro pequeñas esferas utilizando tierra proveniente de la zona considerada adecuada para su uso como material



de construcción. Se recomienda agregar una cantidad mínima de agua a la tierra para formar las bolitas. El agua agregada debe ser la cantidad necesaria para permitir que las bolitas se formen en la palma de las manos, sin fisurarse de manera significativa una vez que se hayan secado. Puedes observar la imagen adjunta para tener una referencia visual del tamaño y la forma de las bolitas de tierra.

Deje que las cuatro bolitas se sequen durante algún tiempo. Para garantizar que las cuatro bolitas no se mojen o humedezcan como consecuencia de la lluvia, derrames de agua u otros sucesos similares, deben dejarse secar durante un periodo de cuarenta y ocho horas.

Culminado el tiempo asignado para el secado, cada muestra debe presionarse firmemente con el pulgar e índice de la mano (véase la figura 18). Las cuatro bolas deben reconstruirse con iguales materiales y dejarse evaporar en las mismas condiciones que antes si, después de la prueba, al menos una de las bolas se rompe o fractura. Esto debe hacerse en caso de que la prueba tenga éxito. Esto es algo que debe hacerse en el caso de que se dé esta circunstancia.

## Figura 18

### *Prueba de presencia de arcilla*



Fuente: (Ministerio de vivienda & Construcción y saneamiento, 2017)

Tras el periodo de secado, es necesario volver a realizar la prueba. Se recomienda retirar la cantera de la que se adquirió la tierra en caso de que vuelva a fracturarse, partirse o agrietarse. A menos que se combine con arcilla u otra tierra que sea muy arcillosa. Una vez finalizada la prueba, la cantera podrá utilizarse como fuente de material de construcción si ninguna de las cuatro bolitas se destroza, fractura o agrieta (Ministerio de vivienda & Construcción y saneamiento, 2017).

### 2.2.19 Ensayos de laboratorio

#### 2.2.19.1 Contenido de humedad

Cuando hablamos del contenido de humedad de un suelo, nos referimos al volumen de agua que contiene la estructura porosa del suelo en comparación con el volumen de las propias partículas del suelo. Hay agua presente tanto en la estructura porosa del suelo como en el grueso de las propias partículas del suelo.





También se puede describir como la cantidad total de agua libre, capilar e higroscópica presente en el suelo.

La determinación del contenido de agua en un suelo es de suma importancia, ya que está relacionada con diversas propiedades y características del suelo, como la cohesión, la consistencia, los cambios de volumen y la estabilidad mecánica. Conocer el contenido de humedad de un suelo permite comprender su comportamiento y respuesta ante diferentes cargas o condiciones ambientales.

El método gravimétrico y el método de relación volumétrica son dos ejemplos de la variedad de técnicas y procedimientos de laboratorio que pueden utilizarse para determinar la cantidad de humedad presente en una muestra de suelo. Estos métodos permiten obtener información precisa sobre la cantidad de agua presente en el suelo y su distribución en los poros.

Es fundamental considerar el contenido de humedad del suelo en diversos campos de la ingeniería civil, como la geotecnia y la construcción, ya que influye en la estabilidad de las estructuras y en la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura (Botía, 2015).

## Figura 19

### *Ensayo de contenido de Humedad*



Fuente: (Botía, 2015)

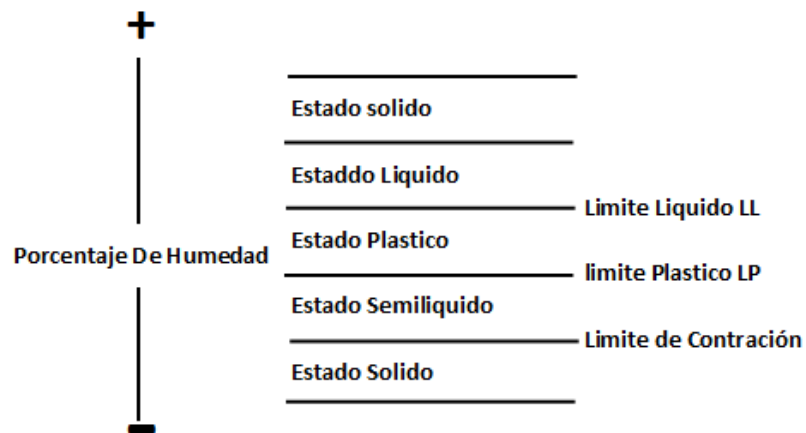
#### **2.2.19.2 Limite liquido**

Se denomina límite líquido al porcentaje de humedad del suelo por debajo del cual se produce el comportamiento plástico. Por tanto, el comportamiento de los suelos será similar al de un fluido viscoso cuando alcancen porcentajes de humedad superiores al límite líquido.

Por otra parte, además de ser un parámetro crucial para la clasificación de suelos, este límite puede ser útil para determinar las dificultades potenciales de volumen, estimar los asentamientos en problemas de consolidación y, en conjunción con el límite plástico, predecir la densidad máxima en estudios de compactación (Botía, 2015).

**Figura 20**

*Estados del Suelo y Límites de Plasticidad.*



Fuente: (Botía, 2015)

**Figura 21**

*Cazuela o Aparato de Casa Grande.*



Fuente: (Botía, 2015)

### 2.2.19.3 Limite plástico

El límite plástico es la frontera entre los estados plástico y semisólido del suelo, según la definición de Atterberg del término. En el

contexto del laboratorio, este límite se define como el punto en el que los rollos con un diámetro aproximado de tres milímetros empiezan a mostrar desmoronamiento y agrietamiento. Este límite viene indicado por el contenido de humedad de los rollos. Es esencial tener en cuenta el hecho de que Terzaghi fue quien sugirió el diámetro de los rollos, teniendo en cuenta que Atterberg nunca indicó este parámetro.

La diferencia entre los valores del Límite Líquido menos el Límite Plástico esto constituye el índice de plasticidad. Cuando el índice de plasticidad del suelo es bajo, indica que incluso un pequeño aumento de la cantidad de humedad presente en el suelo provoca la transición de un estado semisólido a un estado líquido. Esto indica que un suelo puede ser muy sensible a transformaciones en los niveles de humedad. Por otro lado, un índice de plasticidad alto implica que debe añadirse una cantidad significativa de agua a un suelo para que pase de un estado semisólido a una forma líquida (Botía, 2015).

## Figura 22

*Equipo para limite plástico*





Fuente: (Botía, 2015)

La numeración de los materiales es como siguen:

- 1.- tamiz N° 40 (425um).
- 2.- Balanza.
- 3.- Capsula de Humedad.
- 4.- capsula evaporación.
- 5.- calibrador.
- 7.- Espátula.

#### **2.2.19.4 Análisis granulométrico**

El análisis granulométrico consiste en la separación de las partículas de suelo por rangos de tamaños, haciendo uso de mallas o tamices con aberturas cuadradas. Las partículas se separan en secciones mediante métodos de agitación. A continuación, estas porciones se pesan y se representan como porcentajes basados en el peso total de la muestra. La prueba de granulometría permite clasificar las partículas según sus rangos de tamaño, a pesar de que se cree que es físicamente imposible detectar el tamaño exacto de cada partícula individual. Tanto los suelos finos como los gruesos se clasifican según la normativa la malla 200 (0,075 mm), que se ha definido como la medida divisoria en el sistema de clasificación.

Finalmente, a través de una curva de distribución, donde el eje de la abscisa corresponde al diámetro de las partículas y el eje de las coordenadas corresponde al porcentaje retenido, se muestra con un alto



porcentaje de aproximación a lo real, la variedad de tamaños de partículas que componen el suelo en estudio (Botía, 2015).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

La presente tesis se realizó con la adición de virutas de eucalipto, en porcentajes de 25%, 50% y 75% con respecto al peso de la paja de un adobe patrón, esto se realizó en dos distritos del departamento de Puno, para la zona sur se tomó a Chucuito y para la zona norte al distrito de Chupa. De esta manera teniendo dos canteras en estudio.

Se realizó adobes de las dimensiones 40cmx19cmx10cm, dentro de estas muestras está en adobe patrón que se le denominó 0%, siendo un adobe convencional sin adición de virutas de eucalipto.

En el centro experimental de mecánica de suelos y estructuras de nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Civil, podemos ubicarlo en la avenida Floral N° 1153 de la localidad de Puno, se realizaron una serie de ensayos. Estos ensayos fueron los siguientes: contenido de humedad ASTM D2216 - 19, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad ASTM D4318 - 17, granulometría por tamizado ASTM D6913/D6913M - 17, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y ensayo de mesa vibradora. En el curso de esta investigación se llevaron a cabo todas y cada una de estas pruebas.

#### 3.2 PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

- Recolección de materiales en canteras Chupa y Chucuito: marzo de 2023.
- Ensayos en laboratorio: abril 2023 a abril de 2024.

### 3.3 PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO

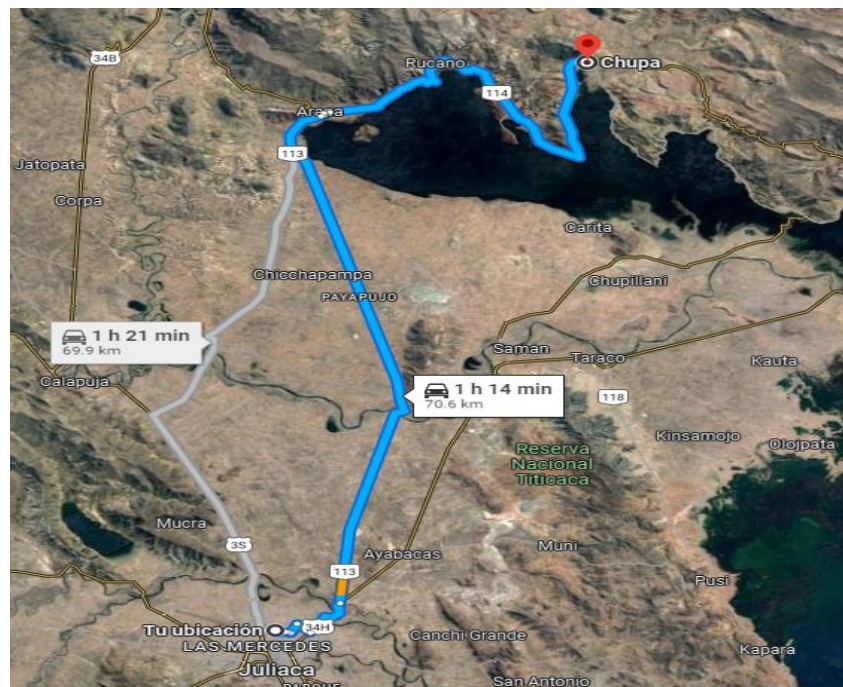
#### 3.3.1 Material de Canteras

##### 3.3.1.1 Ubicación de la cantera Chupa

Para realizar los estudios correspondientes para la elaboración de adobes se obtuvo de material en cantera Chupa, se encuentra a una hora y 14 minutos partiendo desde Juliaca, tal como muestra la figura 23.

#### Figura 23

*Imagen obtenida de Google Maps, muestra la ruta de Juliaca a Chupa.*



Fuente: Google Maps.

La zona norte en estudio está situada geográficamente bajo las coordenadas geográficas:

- Longitud (Este): 393126.96 metros E
- Latitud (Norte): 8327886.30 metros S



## Figura 24

*Vista satelital de Google Eart Pro de la cantera de la zona Norte.*



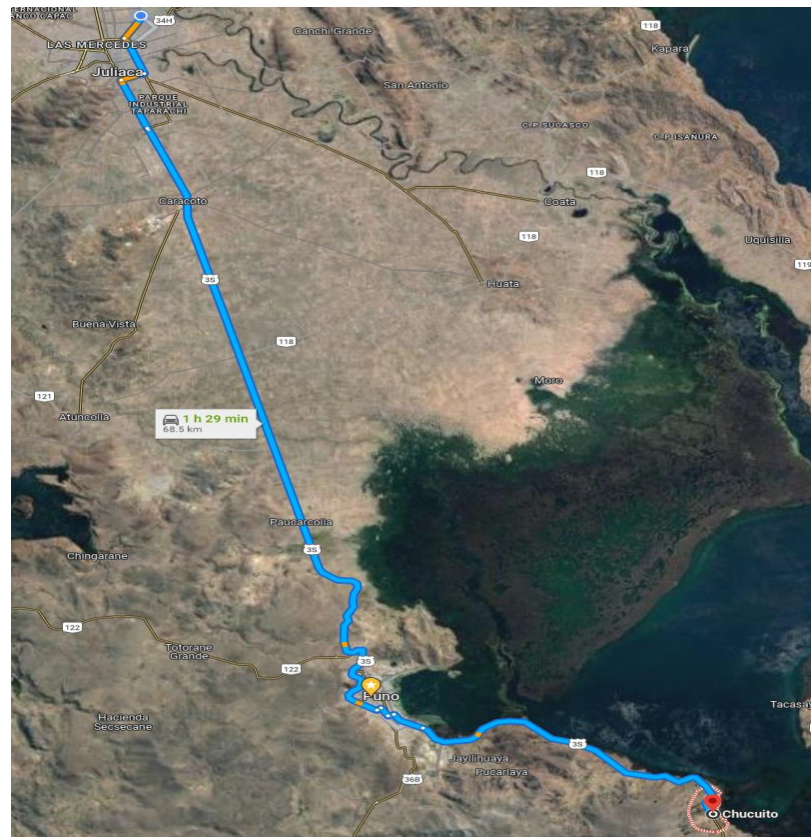
Fuente: Google Earth Pro consultado en 2023.

### 3.3.1.2 Ubicación de la cantera Chucuito

Para el propósito de esta investigación, la cantera de Chucuito, que está situada en la parte sur de la zona de Puno, fue la fuente del material extraído. La ruta que se tomó para poder llegar a la cantera fue de Juliaca – Puno y de Puno a Chucuito, haciendo un recorrido de 58 km.

**Figura 25**

*Vista satelital de Google Maps muestra la ruta Juliaca Chucuito.*



Fuente: Google Maps consultado en 2023.

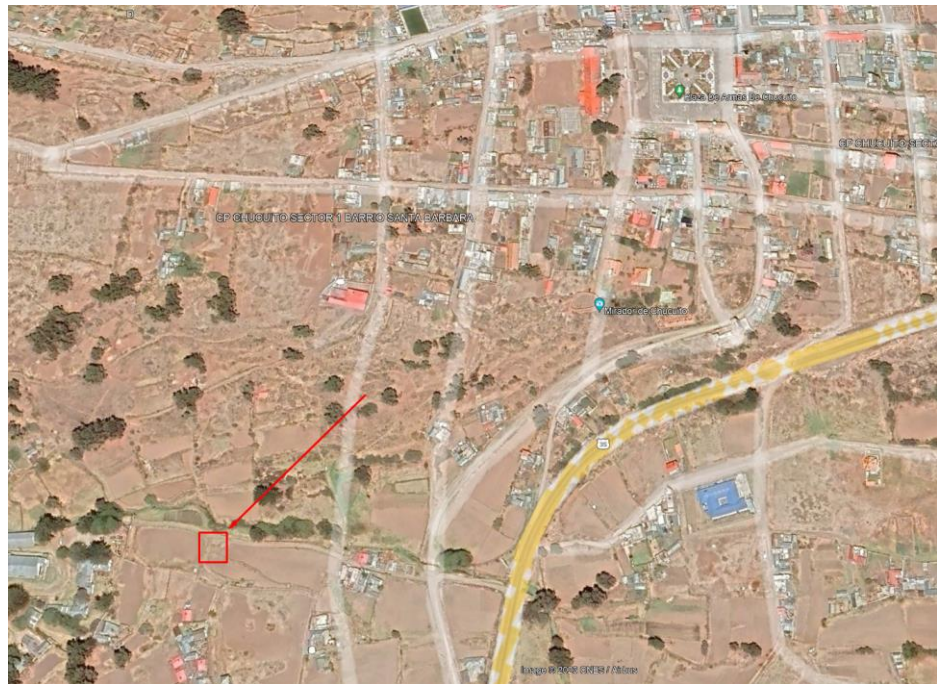
Cabe mencionar que esta zona del departamento de Puno, tiene una gran variedad de árboles de eucalipto

La zona sur en estudio está situada geográficamente bajo las coordenadas geográficas:

- Longitud (Este): 404572.64 metros E
- Latitud (Norte): 8241999.32 metros S

**Figura 26**

*Vista satelital de Google Eart Pro de la cantera de la zona sur.*



Fuente: Google Earth Pro consultado en 2023.

### **3.3.1.3 Material extraído de la cantera Chupa**

La explotación de la cantera se utilizó palas, picos y saquillos, para ello el realizó el desbroce de material orgánico. Tal como se aprecia en la figura 27.

## Figura 27

### *Extracción de muestra de cantera Chupa*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Cabe mencionar que esta zona del departamento de Puno, tiene una gran variedad de árboles de eucalipto.

#### **3.3.1.4 Material extraído de la cantera Chucuito**

Para realizar el acopio del material en la cantera Chucuito se extrajo usando picos, palas y saquillos.

## Figura 28

### *Imagen material extraído de la cantera Chucuito.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### 3.3.2 Extracción del Ichu para elaboración adobe

La extracción de ichu para la elaboración de los adobes se realizó de cada una de las canteras respectivas, el ichu que se recolecto fueron de los cerros mas no de las pampas, puesto que según la experiencia de los pobladores que cuentan con viviendas de adobes recomiendan que estos tienen mayor trabajabilidad al momento de realizar los adobes, por ser más flexibles.

#### Figura 29

*Extracción de ichu para la elaboración de abobe.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### 3.3.3 Potencial de producción de eucalipto

Con el fin de realizar una evaluación eficaz del potencial de producción de eucalipto en el distrito de Chupa y Chucuito, esta técnica utiliza la tecnología de imágenes por satélite junto con herramientas geospaciales como ArcGIS. El resultado es una representación visual y cuantitativa de las regiones más favorables para su cultivo.

Pasos a seguir:

Se descargaron imágenes satelitales para evaluar la producción prospectiva actual de eucalipto y datos del MINAM 2013 especialmente para los



Distritos de Chupa y Chucuito. Esto se realizó con el fin de obtener la fotografía satelital. Ver Anexo.

Se realizó el trabajo de gabinete sobre la recopilación de las imágenes con el fin de corregir las distorsiones o errores que pudieran haberse presentado. Para asegurar la calidad de las imágenes se utilizaron programas informáticos especializados.

Reconocimiento de lugares adecuados: Se utilizó ArcGIS para utilizar las capacidades de análisis de imágenes de satélite con el fin de descubrir posibles emplazamientos para la producción de eucalipto. Véase anexos.

Zonificación del potencial de producción: De acuerdo a la recolección de datos de muestreo del terreno, se asignaron determinados puntos y se introdujeron los datos en ArcGIS para llevar a cabo esta zonificación. Véase el anexo.

Los resultados obtenidos sobre el terreno se validaron mediante la realización de viajes de validación sobre el terreno, que nos permitieron comparar los resultados obtenidos virtualmente con los ajustes reales. Los ajustes se realizaron en el modelo de acuerdo con las observaciones y los datos que se recogieron sobre el terreno. Véase anexos.

Se utilizó ArcGIS para generar mapas precisos que detallan clara y correctamente el potencial que esta presenta de eucalipto en los Distritos de Chupa y Chucuito. Estos mapas fueron generados con el fin de proporcionar mapas de potencial de producción. Ver Anexos.



Los datos adquiridos fueron registrados y presentados en un informe. Este informe incluía mapas, un análisis del rendimiento virtual y un análisis completo de los resultados observados a lo largo del proyecto.

### **3.3.4 Viabilidad del uso de viruta de eucalipto**

Debido a su potencial para mejorar la resistencia y durabilidad de diversos materiales de construcción, el uso de virutas de eucalipto en el diseño de productos Adobe ha sido objeto de una serie de experimentos. En estudios recientes se ha examinado el grado de viabilidad, que aquí se expone:

El ensayo a compresión puede aumentar considerablemente incluyendo virutas de eucalipto en el adobe, como demuestra el hecho de que esta combinación ha demostrado su eficacia. Una investigación llevada a cabo en Chíncha Alta, Perú, descubrió que el ensayo de compresión del material aumentaba en un 67% cuando se añadían virutas de eucalipto en una concentración del 1,5%, y en un 46% cuando la adición se hacía en una concentración del 3.0%.

La integración de virutas de eucalipto en el adobe también puede aumentar su longevidad al hacerlo más resistente a la humedad y a otros elementos ambientales que podrían causar su deterioro. Este tipo de degradación puede deberse a diversas causas.

Sostenibilidad: La utilización de virutas de eucalipto, que son un subproducto de la industria maderera, puede ser una alternativa sostenible ya que aprovecha recursos que de otra forma se abandonarían.



A pesar de que la incorporación de virutas de eucalipto a los adobes puede suponer un aumento del coste inicial del producto, las ventajas que ofrece en términos de resistencia y durabilidad pueden compensar, a largo plazo, este gasto extra.

En cuanto a la viabilidad, la aplicación de esta tecnología podría requerir modificaciones en los métodos de construcción convencionales, así como la formación de los trabajadores para garantizar que el material se mezcla y compacta adecuadamente.

La utilización de virutas de eucalipto en la construcción de ladrillos de tierra constituye una alternativa realista para mejorar las cualidades mecánicas de estos ladrillos, específicamente a su resistencia a la compresión. Por otro lado, es esencial encontrar un equilibrio entre las ventajas y los inconvenientes que se identifican en términos de resistencia a la flexión y absorción de agua. Este material tiene potencial para ser una alternativa eficaz y respetuosa con el medio ambiente en el sector de la construcción si se adoptan las proporciones y las circunstancias de uso adecuadas.

### **3.3.5 Extracción de eucalipto**

La cantidad de eucalipto usado en esta investigación fue de un rollizo de aproximadamente 5kg en cada lugar de estudio debido a que la viruta de eucalipto a usar para la elaboración de los adobes para los ensayos de compresión, flexión y adobes a escala 1/10, son cantidades pequeñas.



### **Figura 30**

*Extracción de rollizo de eucalipto en Chupa*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### **Figura 31**

*Extracción de rollizo de eucalipto en Chucuito*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### 3.3.6 Obtención de las virutas de eucalipto

Las virutas se adquirieron de un tronco de eucalipto talado en los territorios objeto de la investigación. A los efectos de esta investigación, se utilizó una maquinaria ligera conocida como cepilladora manual de madera con el fin de obtener la cantidad necesaria de virutas de eucalipto para incluir en las distintas dosificaciones de esta investigación.

#### Figura 32

*Extracción de virutas de eucalipto*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

## 3.4 DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.4.1 Tipo de investigación

Según (Vargas, 2009) La investigación aplicada es la que sólo considera los estudios que explotan teorías científicas previamente validadas, para la solución de problemas prácticos y el control de situaciones de la vida cotidiana



### **3.4.2 Nivel de investigación**

Según (Hernandez et al., 2014) El nivel de investigación es explicativo, porque van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos, pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian.

### **3.4.3 Diseño de investigación**

Según (Hernandez et al., 2014) diseño de la investigación es cuasi experimental, en el cual se manipula deliberadamente una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes.

Según la temporalidad es del tipo transeccional o transversal.

### **3.4.4 Población y muestra**

#### **3.4.4.1 Población**

La población será el conjunto de unidades de probetas prismáticas de adobe de 486 unidades, las cuales se usarán para el modelado de un ambiente rural a escala reducida de dimensiones 4.00m de largo y 4.00m de ancho y una altura libre de 2.20.

#### **3.4.4.2 Muestra**

La muestra estará conformada por 96 muestras prismáticas de adobe para la zona norte (Distrito de Chupa) y sur (Distrito de Chucuito) del altiplano, distribuida de la siguiente manera:

La muestra que se considerará es de 48 bloques prismáticos de adobe con todos sus lados de arista 10cm, para ensayo de compresión y 40cm \* 19cm \* 10cm para ensayos a la flexión con adición de virutas de

eucalipto en 0% (muestra patrón), 25%, 50% y 75% respecto al peso de la paja de los cuales: 24 bloques se emplearán para los ensayos de compresión simple, 24 bloques se emplearán para los ensayos de flexión.

Para el uso de la construcción del modelo a escala con adobe de viruta de eucalipto, se tomará la que tenga mejor comportamiento frente a ensayos de ensayo a compresión y flexión.

Las siguientes tablas muestran la distribución de las muestras:

**Tabla 1**

*Total en muestra para ensayo de compresión simple en zona norte*

<b>Muestras para compresión simple cantera Chupa</b>	
Descripción	Nº de muestras
Adobe patrón + viruta de eucalipto (0.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %)	6
<b>Totalidad</b>	<b>24</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 2**

*Total en muestra para ensayo de compresión simple en zona sur*

<b>Muestras para compresión simple cantera Chucuito</b>	
Descripción	Nº de muestras
Adobe patrón + viruta de eucalipto (0.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %)	6
<b>Totalidad</b>	<b>24</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 3**

*Total en muestra para resistencia a flexión en zona norte*

<b>Muestras para resistencia a flexión cantera Chupa</b>	
Descripción	Nº de muestras
Adobe patrón + viruta de eucalipto (0.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %)	6
<b>Totalidad</b>	<b>24</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 4**

*Total en muestra para resistencia a flexión en zona sur*

<b>Muestras para resistencia a flexión cantera Chucuito</b>	
Descripción	Nº de muestras
Adobe patrón + viruta de eucalipto (0.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %)	6
Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %)	6
<b>Totalidad</b>	<b>24</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

## 3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 3.5.1 Propiedad de los materiales

#### 3.5.1.1 Ensayo de contenido de humedad

El ensayo realizado tuvo como normativa la ASTM D 2216 – 19, utilizando los siguientes equipos:

- El horno de secado está equipado con ventilación y control termostático, lo que le permite mantener una temperatura constante



de 110 grados centígrados con un margen de error de más menos 5 grados centígrados.

- Taras de aluminio resistentes a altas temperaturas
- La capacidad de pesaje de la balanza es de 1000 gramos con una precisión de 0,01 gramos g
- Guantes de cuero

### **Procedimiento**

- Luego de haber extraído el material de cantera para luego ser trasladado para ser ensayada.
- La muestra pasa la malla N° 10, esto indica en normativa ASTM D 2216 – 19, la muestra mínima a usar debe ser de 20 gr, pero para tener datos más certeros se tomó 500 gr. Esto utilizado para cantera de la zona norte.
- La muestra para la cantera de la zona sur tuvo un pasante en la malla  $\frac{3}{4}$ ” por lo que para este material se debería usar según la normativa ASTM D 2216 – 19, un peso de 2.5 kg.
- Luego se escogió los recipientes adecuados, se identificó las taras y se los peso anotando sus pesos.
- Seguidamente se pesó la muestra y la tara, donde se tomó registro de dichos datos.
- Dejamos el material con el recipiente en el horno a una temperatura  $105 \pm 5$  °C, hasta obtener un peso constante.
- Una vez tenido su peso constante se sacó del horno y dejó enfriar hasta tener una temperatura constante. Para luego ser pesados con la misma balanza, esto con el fin de no alterar resultados.



- Para el cálculo, se hizo uso de la siguiente formula:

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso De La Muestra Seca}} * 100$$

Se tiene los resultados obtenidos en la tabla siguiente:

**Tabla 5**

*Contenido de humedad cantera Chupa*

<b>Cantera Chupa</b>			
<b>Nro. de tarro</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
Peso de tarro (gr.)	19.16	19.00	19.31
Peso de tarro + M. Húmeda (gr.)	39.77	39.17	39.99
Peso de Tarro+ M. Seca (gr.)	39.57	38.96	39.78
Peso de Agua (gr.)	0.20	0.21	0.21
Peso Muestra Seca (gr.)	20.41	19.96	20.47
Contenido de humedad W%	0.98%	1.05%	1.03%
Promedio cont. Humedad W%		<b>1.02%</b>	

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Los resultados sobre la cantidad de humedad presente en la cantera de Chupa se indica en la Tabla 5.

**Tabla 6**

*Contenido de humedad cantera Chucuito.*

<b>Cantera Chucuito</b>			
<b>Nro. de Tarro</b>	<b>M-4</b>	<b>M-5</b>	<b>M-6</b>
Peso de Tarro(gr.)	37.39	35.97	36.24
Peso de Tarro+ M. Húmeda (gr.)	133.18	121.56	106.84
Peso de Tarro+ M. Seca (gr.)	131.27	120.03	105.29
Peso de Agua (gr.)	1.91	1.53	1.55
Peso Muestra Seca (gr.)	93.88	84.06	69.05
Contenido de humedad W%	2.03%	1.82%	2.24%
Promedio cont. Humedad W%		<b>2.03%</b>	

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

A en la figura siguiente muestra ensayo de humedad, las muestras se observan después de haber sido pesadas en sus respectivos recipientes.

### Figura 33

#### *Ensayo de contenido de humedad*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

#### 3.5.1.2 Ensayo de granulometría

Para este ensayo se utilizó la normativa ASTM D6913/D6913M-17.

#### **Equipos**

- Los recipientes son resistentes a las altas temperaturas.
- Se utilizan cepillos tamizadores.
- Esta balanza tiene una capacidad de 1000 gramos y una precisión de 0,01 gramos.
- Una colección de tamices de malla metálica tamices: (2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 100, N°200 y base)

#### **Procedimientos**

- En un recipiente se dejó secando de las muestras en el horno, a una temperatura constante de 110 °C.



- Realizamos el cuarteo de la muestra secada ya con peso constante para realizar el ensayo correspondiente. Para ambas muestras.
- De acuerdo a la normativa ASTM D6913/D6913M-17, el análisis será por el método A, el cual indica que para tamaño máximo 3/4" la cantidad de muestra es de 1.3 kg con una precisión de 1%. Esto lo aplicamos para la cantera de Chucuito.
- Del mismo modo para la cantera de Chupa, esta es pasante la malla N° 40 por lo que la cantidad de muestra mínima será de 50 gr, según la normativa ASTM D6913/D6913M-17.
- Realizó a proceder a ordenar y limpiar el juego de tamices, para realizar a tamizar de forma manual.

### Figura 34

*Cuarteo manual con muestra seca para realizar ensayo de granulometría.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 35**

*Ensayo de granulometría para ambas canteras*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### **Resultados para la cantera Chucuito**

Los datos iniciales se muestran a continuación de las siguientes tablas.

**Tabla 7***Ensayo de análisis granulométrico para la cantera Chucuito.*

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Abertura de malla (mm)</b>	<b>Peso retenido</b>	<b>% Retenido parcial</b>	<b>% Retenido acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>
<b>3"</b>	76.200			0.00	100.00
<b>2 1/2"</b>	63.500		0.00	0.00	100.00
<b>2"</b>	50.800		0.00	0.00	100.00
<b>1 1/2"</b>	38.100		0.00	0.00	100.00
<b>1"</b>	25.400		0.00	0.00	100.00
<b>3/4"</b>	19.050	25.14	1.26	1.26	98.74
<b>1/2"</b>	12.700		0.00	1.26	98.74
<b>3/8"</b>	9.525	176.19	8.81	10.07	89.93
<b>1/4"</b>	6.350		0.00	10.07	89.93
<b>n° 4</b>	4.760	228.56	11.43	21.49	78.51
<b>n° 6</b>	3.360		0.00	21.49	78.51
<b>n° 8</b>	2.380	133.01	6.65	28.15	71.86
<b>n° 10</b>	2.000		0.00	28.15	71.86
<b>n° 16</b>	1.190	73.54	3.68	31.82	68.18
<b>n° 20</b>	0.840		0.00	31.82	68.18
<b>n° 30</b>	0.590	59.22	2.96	34.78	65.22
<b>n° 40</b>	0.426		0.00	34.78	65.22
<b>n° 50</b>	0.297	45.42	2.27	37.05	62.95
<b>n° 80</b>	0.177		0.00	37.05	62.95
<b>n° 100</b>	0.149	105.66	5.28	42.34	57.66
<b>n° 200</b>	0.074	140.14	7.01	49.34	50.66
<b>-200</b>		1013.1	50.66	100.00	0.00

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

A continuación, a analizamos los resultados de ensayo de análisis granulométrico por tamizado, de la cantera Chucuito:

**Tabla 8**

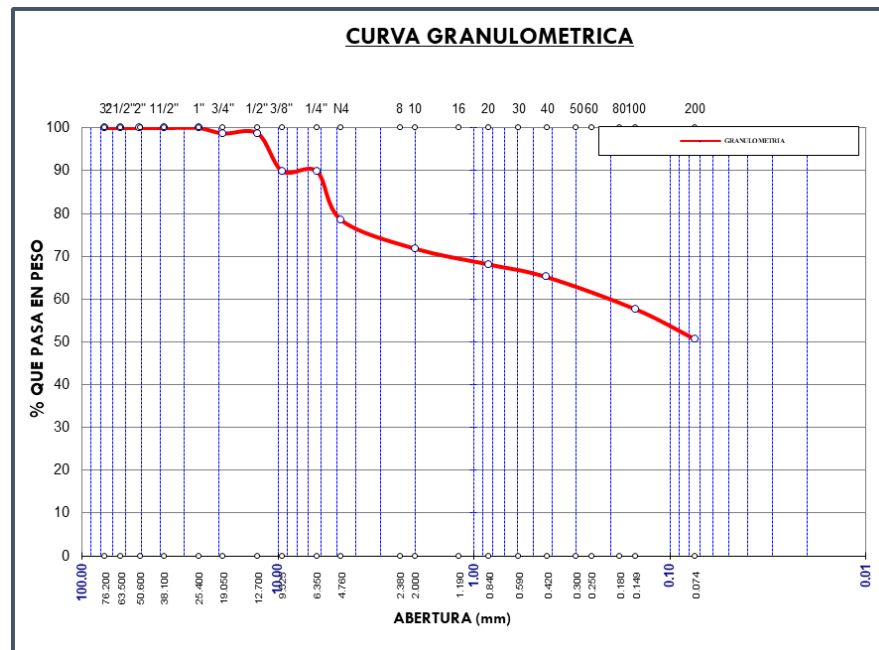
*Resultados del ensayo de granulometría cantera Chucuito.*

<b>Análisis de resultados de granulometría cantera Chucuito</b>		
% de Grava	:	21.49 %
% de Arena	:	27.85 %
% Pasa N° 200	:	50.66 %
Pasa tamiz N°4 (5mm):		78.51
Pasa tamiz N°200 (0.08mm)	:	50.66
Tamaño máximo	:	3/4"

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 36**

*Curva granulométrica de cantera Chucuito*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### Resultados para la cantera Chupa

Los resultados se muestran en las siguientes tablas que se muestran a continuación:



**Tabla 9**

*Ensayo de análisis granulométrico cantera Chupa.*

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Abertura de malla (mm)</b>	<b>Peso retenido</b>	<b>% Retenido parcial</b>	<b>% Retenido acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>
<b>3"</b>	76.200			0.00	100.00
<b>2 1/2"</b>	63.500		0.00	0.00	100.00
<b>2"</b>	50.800		0.00	0.00	100.00
<b>1 1/2"</b>	38.100		0.00	0.00	100.00
<b>1"</b>	25.400		0.00	0.00	100.00
<b>3/4"</b>	19.050		0.00	0.00	100.00
<b>1/2"</b>	12.700		0.00	0.00	100.00
<b>3/8"</b>	9.525		0.00	0.00	100.00
<b>1/4"</b>	6.350		0.00	0.00	100.00
<b>N° 4</b>	4.760		0.00	0.00	100.00
<b>N° 6</b>	3.360		0.00	0.00	100.00
<b>N° 8</b>	2.380	0.19	0.14	0.14	99.86
<b>N° 10</b>	2.000		0.00	0.14	99.86
<b>N° 16</b>	1.190	1.75	1.30	1.44	98.56
<b>N° 20</b>	0.840		0.00	1.44	98.56
<b>N° 30</b>	0.590	7.29	5.42	6.86	93.14
<b>N° 40</b>	0.426		0.00	6.86	93.14
<b>N° 50</b>	0.297	14.40	10.71	17.57	82.43
<b>N° 80</b>	0.177		0.00	17.57	82.43
<b>N° 100</b>	0.149	26.89	19.99	37.56	62.44
<b>N° 200</b>	0.074	39.34	29.25	66.81	33.19
<b>-200</b>		44.6	33.19	100.00	0.00

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

De la siguiente tabla se interpretan los siguientes resultados:

**Tabla 10**

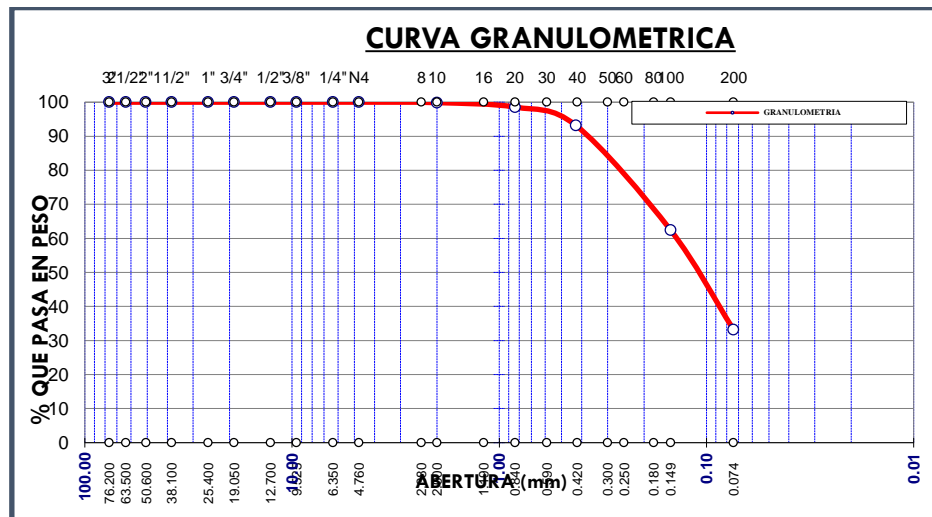
*Resultados de análisis granulométrico de la cantera Chupa.*

<b>Análisis de resultados de granulometría cantera Chupa</b>		
% de Grava	:	0.00 %
% de Arena	:	66.81 %
% Pasa N° 200	:	33.19 %
Pasa tamiz N°4 (5mm)	:	100.00
Pasa tamiz N°200 (0.08mm):	:	33.19
Tamaño máximo	:	N° 8

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 37**

*Curva granulométrica cantera Chupa*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### 3.5.1.3 Ensayos de limite liquido, limite plastico e indice de plasticidad

Para el presente ensayo se consideró la normativa ASTM D4318 – 17, se utilizaron los siguientes equipos:

- Esta balanza tiene una capacidad de 500 gramos y una precisión de 0,01 gramos.
- Disponer de un tamiz N° 40



- Debe verificar tener una temperatura constantemente la de 110 grados centígrados, con una variación más o menos cinco grados centígrados.
- Juego completo de Cuchara Casagrande.
- Taras medianas
- Espátulas pequeñas de metal
- Placa de vidrio lisa que no absorbe humedad

### **Procedimiento para ensayo de limite liquido**

- Para este ensayo según la normativa ASTM D4318 – 17, se realizó por el método A multipunto, para ello comenzamos tomando una muestra representativa de ambas canteras por medio del cuarteo.
- Se realizó el tamizado de la muestra por la malla N° 40 tal como indica la normativa se tomó la muestra pasante dicha malla.
- Seguidamente se comenzó a saturar las muestras con ayuda de recipiente, espátula y agua comenzamos a saturar la muestra por un tiempo de 24 horas, para lo cual se impermeabilizo dicha muestra.
- Ajustamos la muestra aumentamos la cantidad de agua para el numero de golpes este dentro del rango de 15 – 35 golpes, a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo según indica la normativa.
- Preparamos el equipo de la cuchara de casa grande en lo cual ponemos la muestra de modo que esta quede horizontalmente a una profundidad aproximando de 10mm. Luego pasamos el ranurador para luego comenzar a girar.



- Luego giramos la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, hasta que se cierre la parte central con un ancho de 13mm.
- Una vez obtenida los puntos buscados pesamos el material saturado para luego obtener el contenido de humedad de dichas muestras.  
Es mismo procedimiento re realizó para ambas canteras.
- El material se dejó secar en un horno a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$  hasta llegar a un peso constate.
- Se registran los pesos de las muestras una vez que estas tengan una temperatura ambiente.

#### **Procedimiento para el límite plástico**

- Para este ensayo se preparó las muestras para que no se adhiriera a la placa de vidrio a la superficie lisa.
- Seleccionamos una porción de muestra preparada de 1.5 a 2.0 g con la parte seccionada formamos una masa elipsoidal.
- Luego hacemos rodar la masa entre la palma o los dedos en la placa de vidrio, este paso se realizó hasta obtener un diámetro de 3.2 mm.
- La muestra se fracturo enseguida se tomó nota de su masa.
- El material obtenido se ingresar en un horno a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$  hasta llegar un peso constate.
- Posteriormente se extrajo las muestras del horno y se dejó enfriar hasta que tenga una temperatura ambiente y luego registrar su peso.



**Figura 38**

*Ensayo para determinar el índice de plasticidad*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 11**

*Resultado obtenido limite liquido cantera Chucuito.*

		<b>Limite liquido</b>			
<b># Tara</b>		<b>JH21</b>	<b>JH13</b>	<b>JH18</b>	<b>JH12</b>
<b>Peso de taras</b>	gr.	18.50	19.74	19.16	19.14
<b>T. + Suelo</b>	gr.	41.20	40.88	45.11	46.28
<b>Húmedo</b>					
<b>T. + Suelo Seco</b>	gr.	36.13	36.12	39.05	39.87
<b>Peso del Agua</b>	gr.	5.07	4.76	6.06	6.41
<b>Suelo Seco</b>	gr.	17.63	16.38	19.89	20.73
<b>% de Humedad</b>		<b>28.76</b>	<b>29.06</b>	<b>30.47</b>	<b>30.92</b>
<b>Nro. De Golpes</b>		<b>35</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>19</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 12**

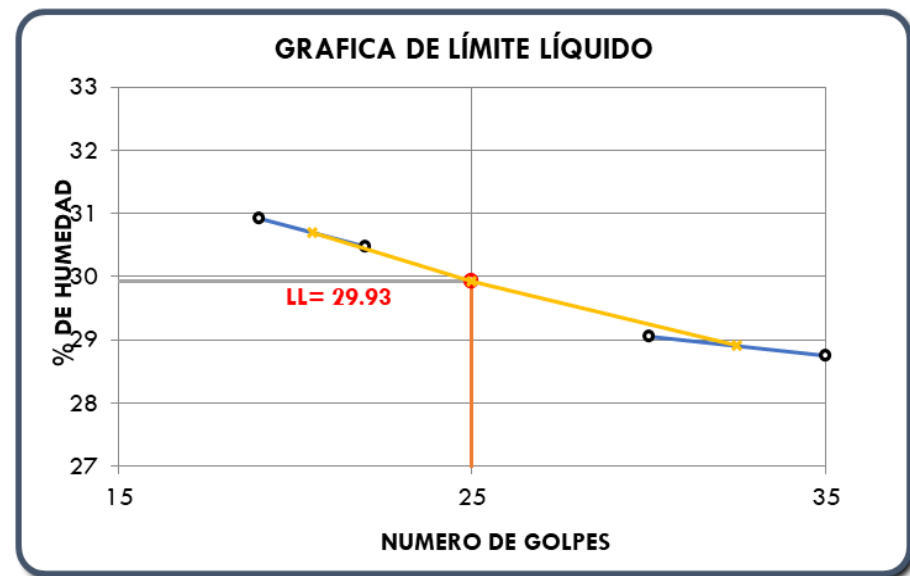
*Resultado obtenido limite plástico cantera Chucuito.*

<b>Limite plástico</b>				
<b># Tara</b>		JH24	JH22	JH11
<b>Peso de la Tara</b>	gr.	17.54	19.22	19.34
<b>T. + Suelo Húmedo</b>	gr.	23.72	25.38	25.70
<b>T. + Suelo Seco</b>	gr.	22.76	24.40	24.71
<b>Peso del Agua</b>	gr.	0.96	0.98	0.99
<b>Suelo Seco</b>	gr.	5.22	5.18	5.37
<b>% de Humedad</b>		<b>18.4</b>	<b>18.9</b>	<b>18.4</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 39**

*Determinación de límite líquido a 25 golpes.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 13**

*Resumen de resultados de índice de plasticidad cantera Chucuito.*

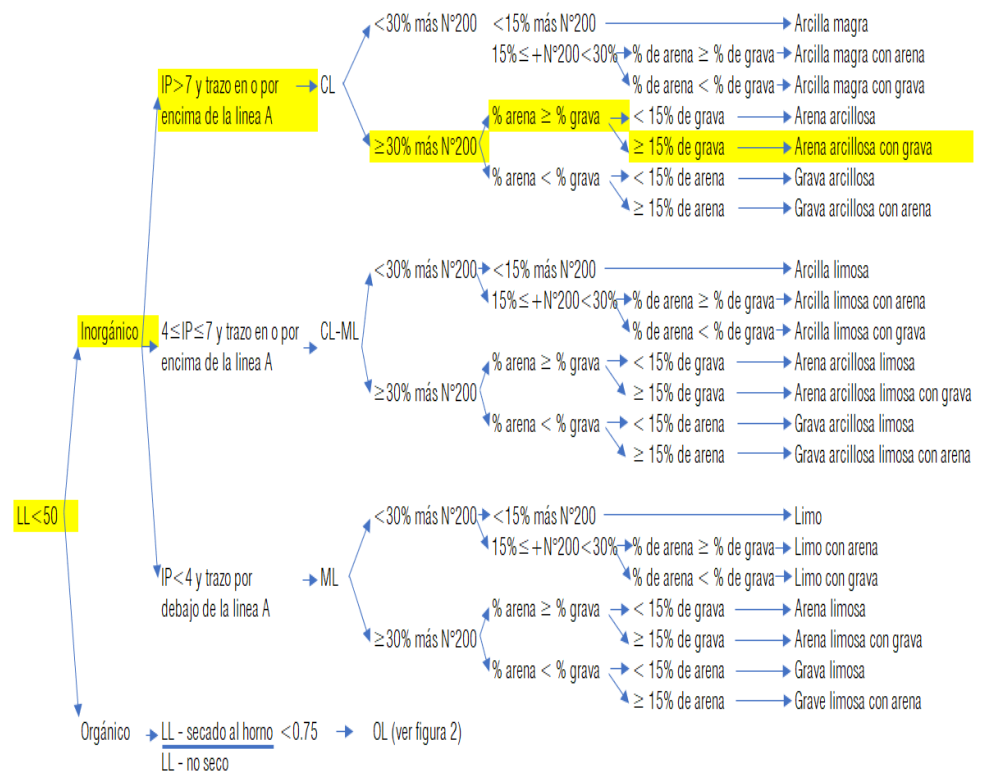
<b>Resultados para cantera Chucuito</b>	
<b>Límite líquido</b>	L.L. = 29.93 %
<b>Límite plástico</b>	L.P. = 18.58 %
<b>Índice de plasticidad</b>	I.P. = 11.34 %

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Para la clasificación granulométrica se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos para la cantera Chucuito se obtuvo un suelo Arcilla magra arenosa con grava.

**Figura 40**

*Clasificación del material pasante de No 40. Para la cantera Chucuito.*



Fuente: ASTM D2887-17.

**Tabla 14***Resultado obtenido de límite líquido cantera Chupa.*

<b>Límite líquido</b>					
<b># Tara</b>		JH16	JH02	JH03	JH04
<b>Peso de la Tara</b>	gr.	18.57	18.65	19.74	18.97
<b>T. + Suelo</b>	gr.	41.18	42.84	40.12	37.86
<b>Húmedo</b>					
<b>T. + Suelo Seco</b>	gr.	36.45	37.73	35.57	33.84
<b>Peso del Agua</b>	gr.	4.73	5.11	4.55	4.02
<b>Suelo Seco</b>	gr.	17.88	19.08	15.83	14.87
<b>% de Humedad</b>		<b>26.45</b>	<b>26.78</b>	<b>28.74</b>	<b>27.03</b>
<b>Nro. De Golpes</b>		<b>32</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>23</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

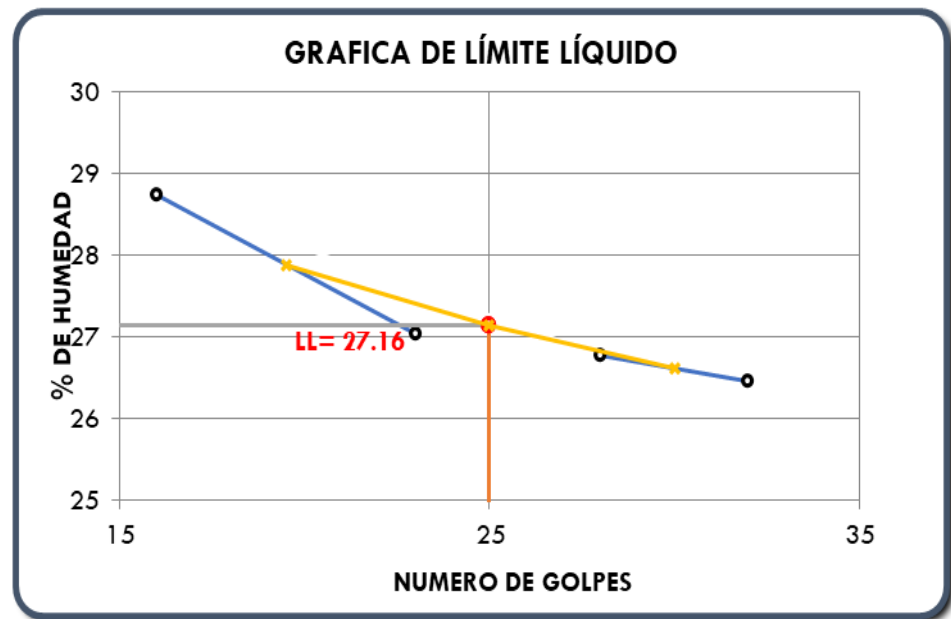
**Tabla 15***Resultado obtenido límite plástico cantera Chupa.*

<b># Tara</b>		JH-10	JH-17	JH-14
<b>Peso de la Tara</b>	gr.	19.25	19.01	19.81
<b>T. + Suelo Húmedo</b>	gr.	25.48	25.53	26.11
<b>T. + Suelo Seco</b>	gr.	24.52	24.53	25.09
<b>Peso del Agua</b>	gr.	0.96	1.00	1.02
<b>Suelo</b>	gr.	5.27	5.52	5.28
<b>Seco</b>				
<b>% de Humedad</b>		<b>18.2</b>	<b>18.1</b>	<b>19.3</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 41**

*Determinación de límite líquido a 25 golpes.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 16**

*Resumen de resultados de índice de plasticidad cantera Chupa.*

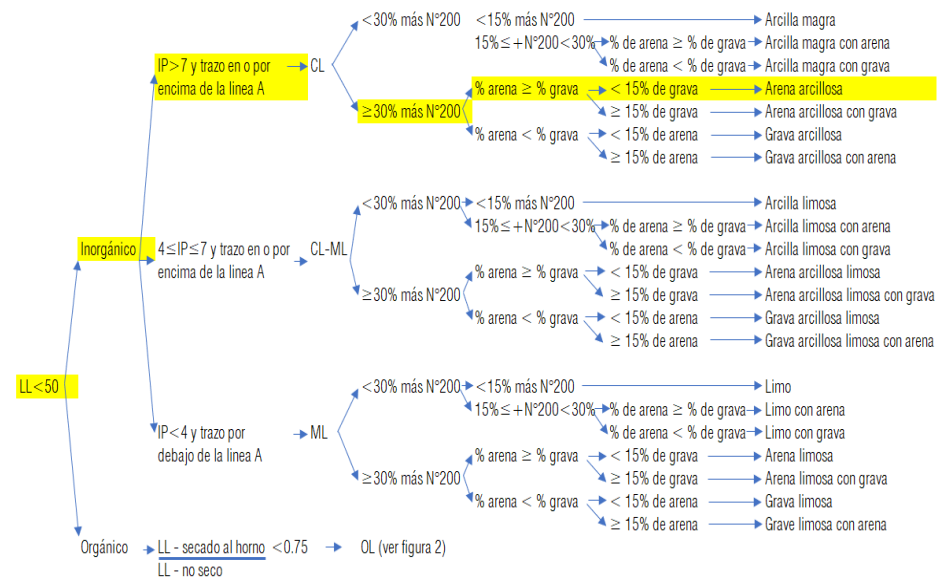
Resultados para cantera Chupa	
<b>Límite líquido</b>	L.L. = 27.16 %
<b>Límite plástico</b>	L.P. = 18.55 %
<b>Índice de plasticidad</b>	L.P. = 8.61 %

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se determinará el tipo de suelos para la cantera Chupa, se muestra, en la figura que se muestra a continuación.

**Figura 42**

*Clasificación del material pasante de No 40. Para la cantera Chupa.*



Fuente: ASTM D2887-17.

Según la figura y clasificación ASTM, se tiene un suelos Arena arcillosa, esto para la cantera Chupa respectivamente.

**Tabla 17**

*Tabla resumen de ensayos de laboratorio.*

Ensayo de laboratorio	Normativa	Chupa	Chucuito
Contenido de humedad	ASTM D 2216	1.02%	2.03%
Granulometría	ASTM D 2887	Arena arcillosa	Arena arcillosa con grava
Limite liquido	ASTM D 4318	29.93%	27.16%
Limite plástico	ASTM D 4318	18.58%	18.55%
Índice de plasticidad	ASTM D 4318	11.34%	8.61%

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación..



### 3.5.2 Determinación de las dimensiones del ambiente rural de adobe.

#### 3.5.2.1 Dimensiones del adobe

Según (Zelaya, 2007) menciona que la longitud del adobe de deberá exceder que el doble de su ancho más el espesor de la junta entre los adobes, entonces se debería cumplir lo siguiente:

$$l \leq 2 * a + e$$

Donde:

L= largo del adobe (cm)

a= Ancho del adobe (cm)

a= Junta entre hiladas (cm)

$$40 \leq 2 * 19 + 2$$

$$40 \leq 40 \text{ ok! si cumple}$$

Del mismo modo deberá cumplir la siguiente relación

$$\frac{l}{h} \geq 3$$

Donde:

L= largo del adobe (cm)

h= alto del adobe (cm)

reemplazando datos se tiene:

$$\frac{40}{10} \geq 3$$

$$4 \geq 3 \text{ ok! Si cumple}$$

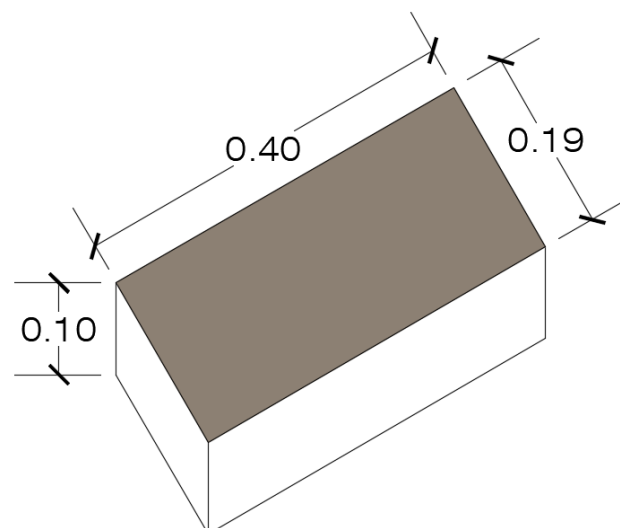
Ahora bien, según la normativa E 080, contempla que la relación del adobe será 1 a 2 el ancho y el largo y una altura mínima de 8cm, se verifico en la zona de estudio que son construidas con bloques de adobe de 40x19x10 cm dimensiones promedio por lo que se realiza el estudio de estas con dichas dimensiones, esto con la finalidad que los resultados estén acordes y se asimilen a los adobes encontrados en las zonas de estudio.

Respecto al aparejo que se empleó un aparejo tipo sogá similar al que cuentan en las zonas de estudio esto con el fin poder tener resultados verídicos para zonas de estudio.

Por lo que se tendrá las dimensiones del adobe de 40x19x10cm.

### Figura 43

*Dimensiones del adobe*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.



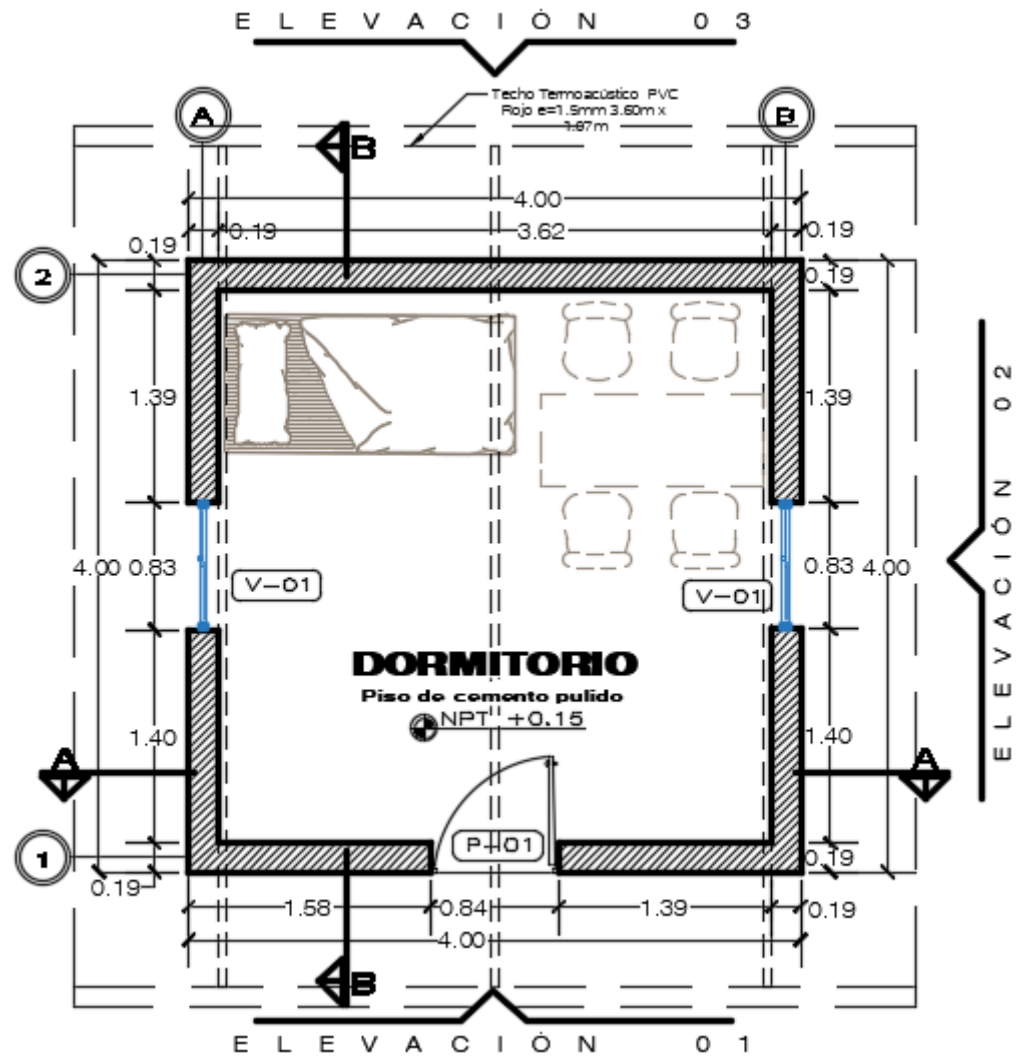


### 3.5.2.2 Vanos de puertas y ventanas

Según (Zelaya, 2007) Los vanos puertas y ventanas deberán alejarse como mínimo 1.20m de la pared transversal, los vanos de puertas y ventanas deberán estar separados como mínimo de 1.00m y el vano de la puerta no debe ser mayor a 0.90m, el vano de la ventana no debe ser mayor de 1.20m ni debe tener una altura mayor a 0.90m, se debe cumplir la suma de los vanos debe ser menor o igual a la longitud del paño.

**Figura 44**

*Dimensiones en planta del ambiente rural típico.*

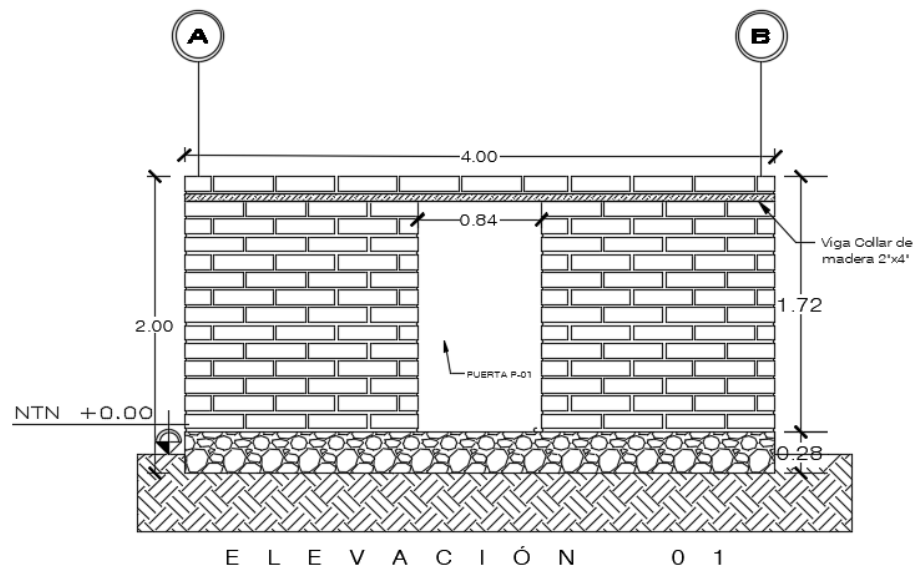


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

- Vano en puerta = 0.84m
- Vano en ventana = 0.83m

**Figura 45**

*Elevación Frontal del modelo a escala.*

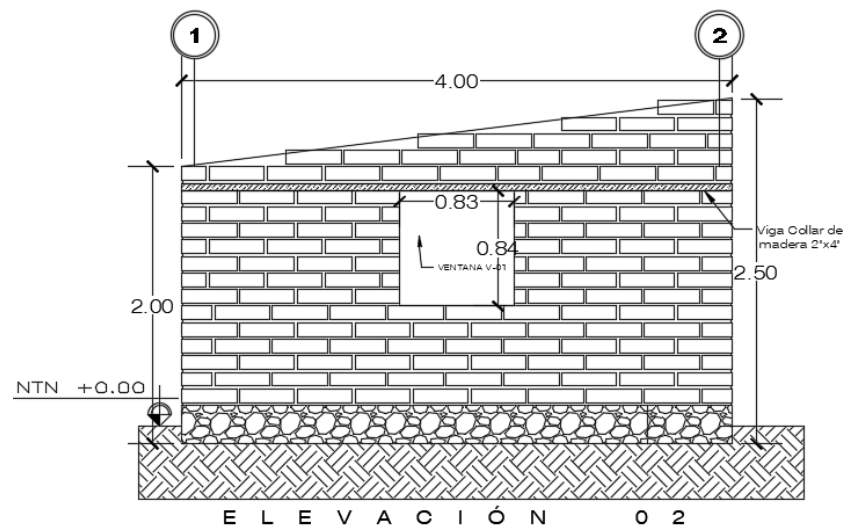


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se muestra la elevación frontal del modelo a escala, la cual será ensayado.

**Figura 46**

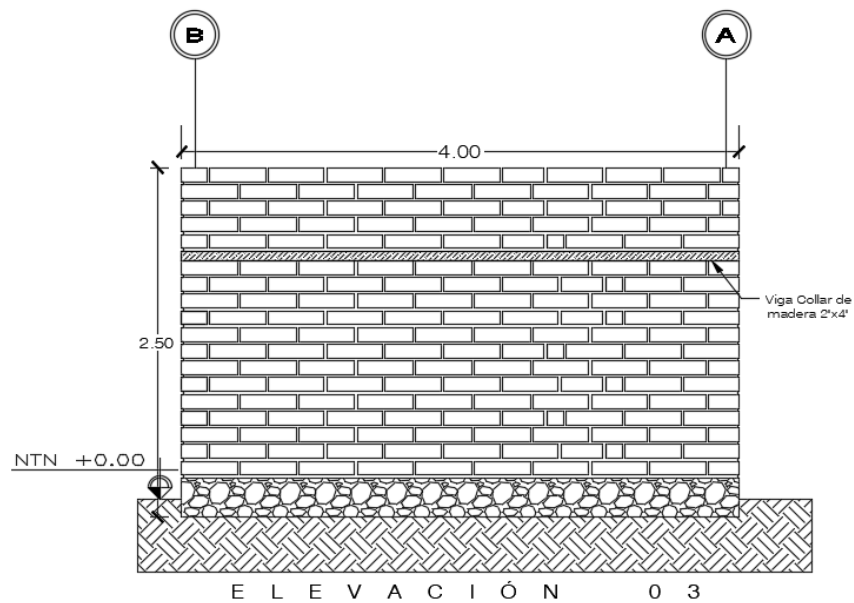
*Elevación lateral del modelo a escala.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 47**

*Elevación posterior del modelo a escala.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**3.5.3 Elaboración de adobes patrón y añadido con virutas de eucalipto al 25%, 50% y 75% para las dos zonas de estudio (dimensiones 40cm x 19cm x 10cm).**

#### **Equipos y materiales**

- Palas.
- Carretillas.
- Plástico.
- Baldes.
- Balanzas.
- Material de cantera.
- Agua.
- Ichu.



- Virutas de eucalipto.
- Molde metálico de 40cm de largo, 19cm de ancho, 10cm de alto.
- Molde madera de 10cm de largo, 10cm de ancho, 10cm de alto.

### **Procedimiento**

#### **3.5.3.1 Adobe patrón + viruta de eucalipto (0.00 %) de 0.40mx0.19mx0.10m.**

Luego de recoger las muestras en canteras elaboramos los adobes en la ciudad de Juliaca esto con el fin de poder estar monitoreando las muestras bajo las mismas condiciones.

Se acopio las muestras y se dejó saturando por un periodo de 24 horas para luego batirlo y dejar saturando por 24 horas.

Una vez que el material este completamente saturado se procedió a extraer la cantidad necesaria para las 48 muestras con ayuda del molde metálico y considerando un cierto desperdicio y de esta manera tendremos la cantidad exacta para la elaboración de bloques de adobe.

Seguidamente el ichu, que se utilizó para esta cantidad de adobes fue pesándose y añadiendo poco a poco, hasta que llega a un punto donde al pisar el barro los pies no se hundan al pisar hasta el fondo y puedan soportar el peso corporal (70kg aproximadamente), entonces ahí la cantidad de paja es la óptima, esto de acuerdo a los conocimientos empíricos que nos recomiendan los maestros artesanos de acuerdo a sus experiencias.

Para la cantidad de 24 muestras se tiene un peso total de la ichu de 242 gramos, por lo que para cada adobe tendría que ser 10.10 gramos de ichu.

Se realizó los adobes patrón para ambas canteras usando el molde metálico, previo a ello se realizó una cama para que estos puedan secar.

### Figura 48

*Proceso de elaboración de adobe patrón.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 49**

*Adobe patrón ambas canteras.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### **3.5.3.2 Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %) de 0.40mx0.19mx0.10m.**

El procedimiento para la elaboración de Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %), para añadir el 25% de virutas esto se realizará de acuerdo al peso de la paja, por lo que para cada adobe sería 10.10 gramos de ichu entonces el 25% sería 2.53 gramos vendría a ser el peso de la paja por cada adobe

Se añadió 15.18 gramos para las muestras de 06 unidades de adobe, previo a ello se realizó la separación de la cantidad de muestra. Se realizó el pisado respectivo de esta muestra mezclando homogéneamente todo el material.

Se realizó la elaboración del adobe añadido viruta de eucalipto, usando el molde metálico.

**Figura 50**

*Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %).*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### **3.5.3.3 Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %) de 0.40mx0.19mx0.10m.**

el procedimiento para la elaboración de Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %), para añadir 50% sería 5.06 gramos peso por cada adobe por lo que para 06 muestras sería un total de 30.36 gramos de viruta de eucalipto que se añadió.

Se añadió 30.36 gramos para las muestras de 06 unidades de adobe, previo a ello se realizó la separación de la cantidad de muestra. Se realizó el pisado respectivo para homogenizar las muestras.



Se realizó la elaboración del adobe añadido viruta de eucalipto, usando el molde metálico.

### Figura 51

*Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %).*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

#### **3.5.3.4 Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %) de 0.40mx0.19mx0.10m.**

El procedimiento para la elaboración de Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %), para añadir 75% sería 7.59 gramos peso por cada adobe por lo que para 06 muestras sería un total de 45.54 gramos de viruta de eucalipto que se añadió.

Se añadió 45.54 gramos para las muestras de 06 unidades de adobe, previo a ello se realizó la separación de la cantidad de muestra. Se realizó el pisado respectivo para homogenizar las muestras.

Se realizó la elaboración del adobe añadido viruta de eucalipto, usando el molde metálico.

### Figura 52

*Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %).*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Estos adobes elaborados a partir de un adobe patrón añadido virutas de eucalipto, deberán secar hasta los 28 días, a temperatura ambiente y estas obtengan un peso constante, para someterlo a prueba a resistencia a la flexión.

Para su secado se realizó el tapado de dichos adobes por un periodo de 3 días, y luego de ello se dejó secar al aire libre.

### Figura 53

*Proceso de secado del adobe para someter a ensayo a flexión.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### Figura 54

*Proceso de secado del adobe ambas canteras.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.



**3.5.4 Elaboración de adobes patrón y añadido con virutas de eucalipto al 25%, 50% y 75% para las dos zonas de estudio (dimensiones 10m x 10cm x 10cm).**

**PROCEDIMIENTO**

**3.5.4.1 Adobe patrón + viruta de eucalipto (0.00 %) de 10cm (largo) 10cm (ancho) y 10cm (alto).**

Luego de recoger las muestras en canteras elaboramos los adobes en la ciudad de Juliaca esto con el fin de poder estar monitoreando las muestras bajo las mismas condiciones.

Se acopio las muestras y se dejó saturando por un periodo de 24 horas para luego batirlo y dejar saturando por 48 horas.

Una vez que el material este completamente saturado y haber pisado se procedió a extraer la cantidad necesaria para las 48 muestras para ambas canteras con ayuda del molde de madera de 10cm (largo), 10cm (ancho) y 10cm (alto); y de esta manera tendremos la cantidad exacta para la elaboración de bloques de adobe.

Seguidamente el ichu, que se utilizó fue de 1.32 gramos, por cada cubo de adobe, esto se obtuvo mediante una proporción respecto al adobe de 40cm \* 19cm \* 10cm.

Para la cantidad de 48 muestras ambas canteras, se tiene un peso total de la ichu de 63.36 gramos,

Se realizó los adobes patrón para ambas canteras usando el molde madera, previo a ello se realizó una cama para que estos puedan secar.

**Figura 55**

*Muestra patrón.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### 3.5.4.2 Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %) de 10cm (largo) 10cm (ancho) y 10cm (alto).

El procedimiento para la elaboración de Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %), para añadir el 25% de virutas esto se realizará de acuerdo al peso de la paja, por lo que para cada adobe sería 1.32 gramos de ichu entonces el 25% sería 0.33 gramos vendría a ser el peso de la paja por cada adobe

Se añadió 1.98 gramos para las muestras de 06 unidades de adobe, previo a ello se realizó la separación de la cantidad de muestra. Se realizó

el pisado respectivo de esta muestra mezclando homogéneamente todo el material.

Se realizó la elaboración del adobe añadido viruta de eucalipto, usando el molde de madera 10cm (largo) 10cm (ancho) y 10cm (alto).

### Figura 56

*Adobe patrón + viruta de eucalipto (25.00 %).*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### 3.5.4.3 Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %) de 10cm (largo)

**10cm (ancho) y 10cm (alto).**

El procedimiento para la elaboración de Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %), para añadir el 50% de virutas esto se realizará de acuerdo al peso de la paja, por lo que para cada adobe sería 1.32 gramos de ichu entonces el 50% sería 0.66 gramos vendría a ser el peso de la paja por cada adobe.

Se añadió 3.96 gramos para las muestras de 06 unidades de adobe, previo a ello se realizó la separación de la cantidad de muestra. Se realizó el pisado respectivo de esta muestra mezclando homogéneamente todo el material.

Se realizó la elaboración del adobe añadido viruta de eucalipto, usando el molde de madera 10cm (largo) 10cm (ancho) y 10cm (alto).

### Figura 57

*Adobe patrón + viruta de eucalipto (50.00 %).*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

#### **3.5.4.4 Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %) de 10cm (largo) 10cm (ancho) y 10cm (alto).**

El procedimiento para la elaboración de Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %), para añadir el 75% de virutas esto se realizará de acuerdo al peso de la paja, por lo que para cada adobe sería 1.32 gramos

de ichu entonces el 50% sería 0.99 gramos vendría a ser el peso de la paja por cada adobe.

Se añadió 5.94 gramos para las muestras de 06 unidades de adobe, previo a ello se realizó la separación de la cantidad de muestra. Se realizó el pisado respectivo de esta muestra mezclando homogéneamente todo el material.

Se realizó la elaboración del adobe añadido viruta de eucalipto, usando el molde de madera 10cm (largo) 10cm (ancho) y 10cm (alto).

### Figura 58

*Adobe patrón + viruta de eucalipto (75.00 %).*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.



**Figura 59**

*Proceso de secado del adobe ambas canteras.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 60**

*Proceso de secado del adobe ambas canteras.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### 3.5.5 Ensayo de alaveo de los adobes

El ensayo de alaveo se realizó con la medición de los adobes de dimensiones de 40cmx19cmx10cm. Los resultados de las mediciones se muestran en las tablas 18 y 19.

#### Figura 61

*Se muestra el procedimiento para el ensayo de alaveo de los adobes.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 18**

*Resultados de ensayo de alaveo para la cantera Chupa.*

Grupos	Largo (cm)				Ancho (cm)				Alto (cm)				Promedio de Largo		Promedio de Ancho		Promedio de Alto
	L1	L2	L3	L4	B1	B2	B3	B4	H1	H2	H3	H4	L	B	H		
de control	40.00	40.30	40.10	40.20	19.20	18.80	19.10	18.98	10.00	9.80	10.00	10.20	40.15	19.02	10.00		
AP-1	40.00	40.30	40.10	40.20	19.20	18.80	19.10	18.98	10.00	9.80	10.00	10.20	40.15	19.02	10.00		
AP-2	39.70	39.90	40.20	40.00	19.10	18.90	19.20	18.85	10.00	10.00	9.80	10.20	39.95	19.01	10.00		
AP-3	40.10	40.20	40.10	40.10	18.80	19.20	19.25	18.85	9.80	9.90	10.20	10.10	40.13	19.03	10.00		
AP-4	40.00	40.00	39.90	40.20	18.80	18.83	19.40	19.00	10.30	9.90	9.90	9.90	40.03	19.01	10.00		
AP-1 + 25% VE	40.10	40.00	40.20	39.90	19.00	19.10	19.00	18.90	10.00	10.00	10.00	10.00	40.05	19.00	10.00		
AP-2 + 25% VE	40.20	40.20	40.00	40.10	18.90	19.08	19.10	19.00	10.10	10.10	9.80	10.00	40.13	19.02	10.00		
AP-3 + 25% VE	40.10	39.90	40.10	39.70	19.02	19.00	19.10	18.90	10.00	10.00	9.80	10.20	39.95	19.01	10.00		
AP-4 + 25% VE	39.80	40.20	40.20	40.10	18.80	19.20	19.00	19.00	9.80	9.90	10.20	10.10	40.08	19.00	10.00		
AP-1 + 50% VE	39.90	40.00	40.10	40.20	18.70	19.10	19.20	19.00	10.00	10.02	10.00	9.98	40.05	19.00	10.00		
AP-2 + 50% VE	40.10	40.10	39.80	40.20	18.90	19.00	19.10	19.00	10.10	9.90	10.00	10.00	40.05	19.00	10.00		
AP-3 + 50% VE	39.70	40.20	39.90	40.00	19.10	18.90	18.80	19.20	10.00	9.80	9.90	10.30	39.95	19.00	10.00		
AP-4 + 50% VE	40.10	40.10	40.20	40.00	19.10	19.00	19.10	18.80	10.00	10.00	10.00	10.00	40.10	19.00	10.00		
AP-1 + 75% VE	40.20	39.80	40.00	40.20	19.00	19.10	19.00	18.90	10.20	9.80	10.00	10.00	40.05	19.00	10.00		
AP-2 + 75% VE	39.80	39.90	40.00	40.00	18.80	18.90	19.20	19.10	9.80	10.10	10.00	10.10	39.93	19.00	10.00		
AP-3 + 75% VE	40.00	39.70	40.20	40.10	18.90	19.00	19.00	19.10	10.00	10.10	10.00	9.90	40.00	19.00	10.00		
AP-4 + 75% VE	40.10	40.00	40.00	40.10	19.00	18.90	19.00	19.10	10.10	9.90	9.90	10.10	40.05	19.00	10.00		

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 19**

*Resultados de ensayo de alaveo de la cantera Chucuito.*

Grupos	Largo (cm)				Ancho (cm)				Alto (cm)				Promedio de Largo		Promedio de Ancho		Promedio de Alto	
	L1	L2	L3	L4	B1	B2	B3	B4	H1	H2	H3	H4	L	B	H			
de control	L1	L2	L3	L4	B1	B2	B3	B4	H1	H2	H3	H4	L	B	H			
AP-1	40.10	40.00	40.00	40.00	19.30	19.10	19.10	19.30	10.00	10.00	9.80	10.20	40.03	19.10	10.00			
AP-2	39.90	39.70	40.00	40.10	19.00	19.10	19.00	18.90	9.80	9.90	10.20	10.10	39.93	19.00	10.00			
AP-3	40.20	40.10	40.02	40.20	19.02	19.00	19.10	18.90	10.30	9.90	9.90	9.90	40.13	19.01	10.00			
AP-4	40.00	40.10	40.01	39.90	18.80	18.90	19.20	19.10	10.00	10.00	10.00	10.00	40.00	19.00	10.00			
AP-1 + 25% VE	40.10	39.90	39.99	40.10	18.90	19.00	19.00	19.10	10.10	10.10	9.80	10.00	40.02	19.00	10.00			
AP-2 + 25% VE	40.20	40.20	40.02	39.70	19.00	18.90	19.00	19.10	10.10	10.10	9.80	10.00	40.03	19.00	10.00			
AP-3 + 25% VE	40.10	40.10	40.01	40.00	18.90	19.00	19.10	19.00	10.00	10.00	9.80	10.20	40.05	19.00	10.00			
AP-4 + 25% VE	39.80	39.70	40.00	40.20	19.10	18.90	18.80	19.20	9.80	9.90	10.20	10.10	39.93	19.00	10.00			
AP-1 + 50% VE	40.10	40.10	39.99	39.90	19.10	19.00	19.10	18.80	10.00	10.02	10.00	9.98	40.02	19.00	10.00			
AP-2 + 50% VE	40.20	40.20	40.01	40.20	19.00	19.10	19.00	18.90	10.00	9.80	10.00	10.20	40.15	19.00	10.00			
AP-3 + 50% VE	39.90	40.20	40.02	40.00	18.80	18.90	19.20	19.10	10.30	9.90	9.90	9.90	40.03	19.00	10.00			
AP-4 + 50% VE	40.10	40.20	40.00	40.10	19.00	19.00	19.00	19.00	10.00	10.00	10.00	10.00	40.10	19.00	10.00			
AP-1 + 75% VE	39.70	40.10	40.01	40.20	19.02	19.00	19.10	18.90	10.10	10.10	9.80	10.00	40.00	19.01	10.00			
AP-2 + 75% VE	40.10	39.80	40.00	40.10	18.80	19.20	19.00	19.00	10.00	10.00	9.80	10.20	40.00	19.00	10.00			
AP-3 + 75% VE	40.20	39.90	40.01	40.20	19.00	19.10	19.00	18.90	9.80	9.90	10.20	10.10	40.08	19.00	10.00			
AP-4 + 75% VE	40.20	39.70	40.00	40.10	18.90	19.00	19.10	19.00	10.00	10.10	10.00	9.90	40.00	19.00	10.00			

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### 3.5.6 Ensayo de compresión.

El ensayo de compresión para cubos es la prueba de laboratorio por excelencia para determinar la resistencia a compresión del material de tierra, y se ejecuta bajo los lineamientos, estipulado por la normativa E-080:

Para determinar la resistencia, realizaremos el ensayo de compresión de las muestras de cubos con arista 10cm.

La resistencia última calcularemos bajo la expresión siguiente:

$$f_o = 1.0Mpa = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$$

Posterior al ensayo realizado, el valor promedio de la resistencia ultima de cuatro de seis mejores bloques de adobe, tendrá que ser igual o mayor a 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### Equipo utilizado

- Máquina para compresión axial
- Vernier

#### Procedimiento

La resistencia de compresión del cubo se determinó calculando el cociente resultante de la carga máxima que se aplicó entre el área media de la probeta antes de que ésta falle. Este ensayo se realizó de acuerdo con la normativa ASTM C39, y aplicando una carga axial en la cara superior del cubo de adobe de manera constante hasta la falla de la muestra.

## Método para el cálculo

Para obtener el valor de la resistencia de compresión del bloque se emplea la siguiente expresión:

$$f_o = \frac{P}{A} \left( \frac{Kgf}{cm^2} \right)$$

Dónde:

$f_o$  : Es la resistencia de rotura a la compresión. (kgf/cm<sup>2</sup>).

**P** : Carga de rotura (kg).

**A** : Área de la arista del cubo (cm<sup>2</sup>).

### Figura 62

*Roturas de muestras cúbicas en la máquina de compresión.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 20**

*Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón cantera Chupa.*

<b>Resistencia última a compresión simple cantera Chupa Adobe patrón</b>	
Descripción	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (0.00 %)	10.40
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (0.00 %)	10.57
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (0.00 %)	10.30
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (0.00 %)	10.92
<b>Ensayo de compresión promedio</b>	<b>10.55</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 21**

*Resultados de muestras ensayadas a compresión simple adobe patrón + 25% virutas de eucalipto cantera Chupa.*

<b>Resistencia última a compresión simple cantera Chupa Adobe patrón + 25.00% viruta de eucalipto</b>	
Descripción	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (25.00 %)	10.53
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (25.00 %)	10.70
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (25.00 %)	12.49
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (25.00 %)	11.53
<b>Ensayo de compresión promedio</b>	<b>11.32</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 22**

*Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón + 50% virutas de eucalipto cantera Chucuito.*

<b>Resistencia ultima a compresión simple cantera Chupa Adobe patrón + 50.00% viruta de eucalipto</b>	
Descripción	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (50.00 %)	16.20
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (50.00 %)	15.45
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (50.00 %)	14.89
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (50.00 %)	16.11
<b>Ensayo de compresión promedio</b>	<b>15.66</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 23**

*Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón + 75% virutas de eucalipto cantera Chupa.*

<b>Resistencia ultima a compresión simple cantera Chupa Adobe patrón + 75.00% viruta de eucalipto</b>	
Descripción	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (75.00 %)	18.28
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (75.00 %)	17.03
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (75.00 %)	16.90
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (75.00 %)	16.15
<b>Ensayo de compresión promedio</b>	<b>17.09</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.



**Tabla 24**

*Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón cantera Chucuito.*

<b>Resistencia última a compresión simple cantera Chucuito Adobe patrón</b>	
Descripción	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (0.00 %)	10.51
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (0.00 %)	11.41
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (0.00 %)	11.46
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (0.00 %)	10.21
<b>Ensayo de compresión promedio</b>	<b>10.90</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 25**

*Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón + 25% virutas de eucalipto cantera Chucuito.*

<b>Resistencia última a compresión simple cantera Chucuito Adobe patrón + 25.00% viruta de eucalipto</b>	
Descripción	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (25.00 %)	12.48
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (25.00 %)	11.65
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (25.00 %)	11.03
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (25.00 %)	12.21
<b>Ensayo de compresión promedio</b>	<b>11.84</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 26**

*Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón + 50% virutas de eucalipto cantera Chucuito.*

<b>Resistencia ultima a compresión simple cantera Chucuito Adobe patrón + 50.00% viruta de eucalipto</b>	
Descripción	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (50.00 %)	13.07
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (50.00 %)	12.71
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (50.00 %)	12.18
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (50.00 %)	11.40
<b>Ensayo de compresión promedio</b>	<b>12.34</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 27**

*Resultados de muestras ensayadas a compresión simple de adobe patrón + 75% virutas de eucalipto cantera Chucuito.*

<b>Resistencia ultima a compresión simple cantera Chucuito Adobe patrón + 75.00% viruta de eucalipto</b>	
Descripción	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (75.00 %)	17.29
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (75.00 %)	16.33
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (75.00 %)	16.77
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (75.00 %)	16.62
<b>Ensayo de compresión promedio</b>	<b>16.75</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### **3.5.6.1 Comparacion de resultados promedios con la normativa E 080.**

En la siguiente tabla se visualiza la comparación de los resultados obtenidos, ahora según la normativa E 080 para el valor de resistencia última a la compresión debe ser igual o mayor a 10.20 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 28**

*Comparación de resultados según normativa E 080, para la cantera*

*Chupa.*

Muestras	Según E 080 (kgf/cm <sup>2</sup> )	Ensayo realizado (kgf/cm <sup>2</sup> )	cumple (si/no)
AP	10.20	10.55	si
AP+25%	10.20	11.31	si
AP+50%	10.20	15.66	si
AP+75%	10.20	17.09	si

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 29**

*Comparación de resultados según normativa E 080, para la cantera*

*Chucuito.*

Muestras	Según E 080 (kgf/cm <sup>2</sup> )	Ensayo realizado (kgf/cm <sup>2</sup> )	cumple (si/no)
AP	10.20	10.90	si
AP+25%	10.20	11.84	si
AP+50%	10.20	12.34	si
AP+75%	10.20	16.75	si

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Según los resultados obtenidos se tiene que ambos puntos de estudio cumplen con los mínimos establecidos según indica la Normativa E 080.

### **3.5.7 Ensayo de flexión con carga puntual en el centro de luz.**

En lo que respecta al ensayo de flexión, la normativa E-080 del Reglamento Nacional de Edificación establece que este ensayo no se tiene en cuenta a efectos de investigación. En su lugar, nos basaremos en la NTP 339.079.

### **Equipo utilizado**

- Equipo de deflexión
- Vernier

### Procedimiento

La probeta a ensayar se coloca centrada en los bloques de apoyo y se gira sobre un lado con respecto a su posición de los bloques de soporte.

A continuación, se centra con respecto a la carga que se está aplicando.

Con el fin de preservar la longitud de la luz y la posición central del bloque, es esencial que todas las presiones se apliquen de forma perpendicular a la cara de la probeta y no experimenten ninguna excentricidad.

A continuación, se presenta una ilustración la manera de aplicación de carga que se realizó de manera puntual y céntrica a la probeta prismática que utilizamos en el presente experimento.

### Figura 63

*Gráfico de Ensayo a flexión.*

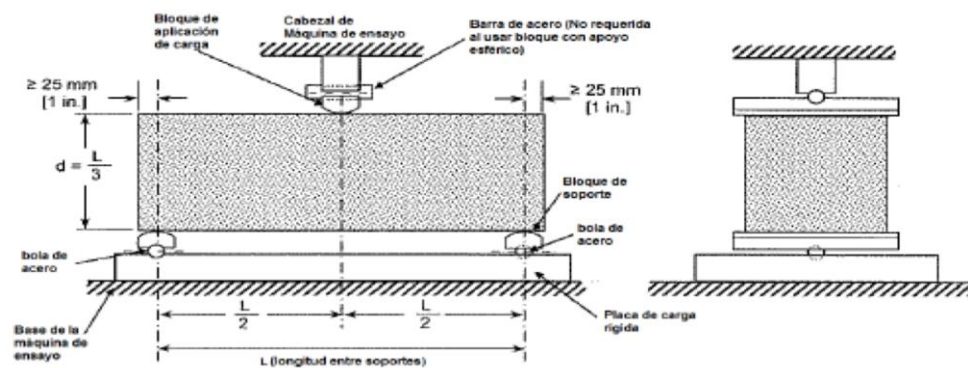


Figura 1 - Diagrama de un aparato apropiado para el ensayo de flexión en el concreto por el método de carga al centro de la luz.

Fuente: American Society for Testing and Materials C-293

En la figura 64 visualizamos las muestras prismáticas previa y posteriormente sometidas al ensayo de flexión.

### Figura 64

*Aplicación de carga en un solo punto de la muestra de adobe.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### Proceso para el cálculo

Para la obtención del valor de módulo de rotura, se utilizó la siguiente expresión:

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Dónde:

R: Módulo de ruptura (MPa).

P: Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo (N).

L: Longitud entre soportes (mm). L=300 mm

b: Ancho promedio del espécimen (mm).

d: Espesor promedio del espécimen (mm).

**Tabla 30***Resultados ensayados a flexión de adobe patrón cantera Chucuito.*

<b>Ensayo de flexión cantera Chucuito Adobe patrón</b>		
Descripción	$R(Mpa)$	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (0.00 %)	0.5092	5.19
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (0.00 %)	0.6111	6.23
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (0.00 %)	0.5661	5.77
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (0.00 %)	0.6513	6.64
<b>Promedio ensayo de flexión</b>	<b>0.5844</b>	<b>5.96</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 31***Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 25% virutas de eucalipto cantera Chucuito.*

<b>Ensayo de flexión cantera Chucuito Adobe patrón + 25.00% viruta de eucalipto</b>		
Descripción	$R(Mpa)$	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (25.00 %)	0.6963	7.10
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (25.00 %)	0.6087	6.21
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (25.00 %)	0.3861	3.94
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (25.00 %)	0.6939	7.08
<b>Promedio ensayo de flexión</b>	<b>0.5963</b>	<b>6.08</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 32**

*Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 50% virutas de eucalipto cantera Chucuito.*

<b>Ensayo de flexión cantera Chucuito Adobe patrón + 50.00% viruta de eucalipto</b>		
Descripción	$R(Mpa)$	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (50.00 %)	0.4618	4.71
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (50.00 %)	0.5045	5.14
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (50.00 %)	0.4974	5.07
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (50.00 %)	0.5376	5.48
<b>Promedio ensayo de flexión</b>	<b>0.5003</b>	<b>5.10</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 33**

*Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 75% virutas de eucalipto cantera Chucuito.*

<b>Ensayo de flexión Chucuito Adobe patrón + 75.00% viruta de eucalipto</b>		
Descripción	$R(Mpa)$	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (75.00 %)	0.4784	4.88
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (75.00 %)	0.5092	5.19
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (75.00 %)	0.4761	4.85
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (75.00 %)	0.5613	5.72
<b>Promedio ensayo de flexión</b>	<b>0.5063</b>	<b>5.16</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 34***Resultados ensayados a flexión de adobe patrón cantera Chupa.*

<b>Ensayo de flexión cantera Chupa Adobe patrón</b>		
Descripción	$R(Mpa)$	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (0.00 %)	0.3955	4.03
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (0.00 %)	0.6608	6.74
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (0.00 %)	0.5424	5.53
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (0.00 %)	0.4358	4.44
<b>Promedio ensayo de flexión</b>	<b>0.5086</b>	<b>5.19</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 35***Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 25% virutas de eucalipto cantera Chupa.*

<b>Ensayo de flexión cantera Chupa Adobe patrón + 25.00% viruta de eucalipto</b>		
Descripción	$R(Mpa)$	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (25.00 %)	0.6158	6.28
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (25.00 %)	0.6276	6.40
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (25.00 %)	0.5945	6.06
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (25.00 %)	0.6608	6.74
<b>Promedio ensayo de flexión</b>	<b>0.6247</b>	<b>6.37</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.



**Tabla 36**

*Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 50% virutas de eucalipto cantera Chupa.*

<b>Ensayo de flexión cantera Chupa Adobe patrón + 50.00% viruta de eucalipto</b>		
Descripción	$R(Mpa)$	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (50.00 %)	0.6300	6.42
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (50.00 %)	0.6489	6.62
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (50.00 %)	0.6821	6.96
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (50.00 %)	0.6774	6.91
<b>Promedio ensayo de flexión</b>	<b>0.6596</b>	<b>6.73</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 37**

*Resultados ensayados a flexión de adobe patrón + 75% virutas de eucalipto cantera Chupa.*

<b>Ensayo de flexión Chupa Adobe patrón + 75.00% viruta de eucalipto</b>		
Descripción	$R(Mpa)$	$f_o \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)$
Adobe patrón 1 + viruta de eucalipto (75.00 %)	0.5566	5.68
Adobe patrón 2 + viruta de eucalipto (75.00 %)	0.5187	5.29
Adobe patrón 3 + viruta de eucalipto (75.00 %)	0.4950	5.05
Adobe patrón 4 + viruta de eucalipto (75.00 %)	0.5471	5.58
<b>Promedio ensayo de flexión</b>	<b>0.5294</b>	<b>5.40</b>

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación..

### **3.5.8 Dosificación empírica de los materiales para una unidad de adobe patrón**

Para la hallar la dosificación se realizó el siguiente procedimiento:



### **3.5.8.1 Dosificación de la paja**

Al realizar la dosificación de la paja se realizó el peso a medida que este se incrementaba, hasta llegar al punto de tener una masa homogénea con el material saturado, esto se logra pesando el material hasta que esta logre soportar el peso corporal al momento de realizar el pisado, es decir no hundirse.

Para la cantidad de 24 muestras se tiene un peso total de ichu de 242 gramos, por lo que para cada adobe tendría que ser 10.10 gramos de ichu.

### **3.5.8.2 Dosificación de la cantidad de agua**

Al realizar la dosificación de la cantidad de agua optima se realizó el pesado del adobe ya preparado saturada, se realizó el peso de 4 muestras de adobe de cantera Chupa y 4 muestras de la cantera Chucuito.

### Figura 65

*Pesado de adobes con el contenido óptimo de agua.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se tienen los siguientes resultados.

### Tabla 38

*Pesos de muestra cantera Chupa.*

Grupos de control	Peso saturado (gr)	Peso seco después de 30 días (gr)	Peso del agua (gr)	Cantidad de agua (ml)
AP-1	14952	12765	2187	2183.50
AP-2	14918	12778	2140	
AP-3	14925	12736	2189	
AP-4	14937	12719	2218	

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 39***Pesos de muestra cantera Chucuito.*

Grupos de control	Peso saturado (gr)	Peso seco después de 30 días (gr)	Peso del agua (gr)	Cantidad de agua (ml)
AP-1	15022	12882	2140	2145.25
AP-2	14978	12849	2129	
AP-3	15035	12858	2177	
AP-4	15019	12884	2135	

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se tiene la siguiente proporción para una muestra de adobe de 40x19x10cm, para la cantera Chupa y Chucuito respectivamente:

Para la cantera Chupa en peso:

- Cantidad de material: 12749.50 gr
- Paja: 10.10 gr
- Agua: 2183.50 ml

Para la cantera Chucuito en peso:

- Cantidad de material: 12868.25 gr
- Paja: 10.10 gr
- Agua: 2145.25 ml

**Tabla 40***Dosificación por adobe patrón - Cantera Chupa.*

Dosificación por adobe patrón - Cantera Chupa		
	Peso (gr)	ml
Peso de material (tierra)	12749.50	-
Peso de ichu	10.10	-
Agua	-	2183.50

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

La tabla 40 muestra la dosificación en peso para para una unidad de adobe AP.

### Tabla 41

*Dosificación por adobe patrón + 50% VE - Cantera Chupa.*

<b>Dosificación por adobe patrón + 50% VE - Cantera Chupa</b>			
	<b>volumen</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>ml</b>
Peso de material (tierra)	-	12749.50	-
Peso de ichu	-	10.10	-
Peso de la viruta (50%)	-	5.05	-
Agua	-	-	2183.50

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

La tabla 41 muestra la dosificación en peso para para una unidad de adobe AP+50% VE.

### Tabla 42

*Dosificación por adobe patrón - Cantera Chucuito.*

<b>Dosificación por adobe patrón - Cantera Chucuito</b>			
	<b>volumen</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>ml</b>
Peso de material (tierra)	-	12868.25	-
Peso de ichu	-	10.10	-
Agua	-	-	2145.25

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación..

La tabla 42 muestra la dosificación en peso para para una unidad de adobe AP.

**Tabla 43**

*Dosificación por adobe patrón + 50% VE - Cantera Chucuito.*

<b>Dosificación por adobe patrón + 50% VE - Cantera Chucuito</b>			
	<b>volumen</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>ml</b>
Peso de material (tierra)	-	12868.25	-
Peso de ichu	-	10.10	-
Peso de la viruta (50%)	-	5.05	-
Agua	-	-	2145.25

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

La tabla 43 muestra la dosificación en peso para para una unidad de adobe AP+50% VE.

### **3.5.9 Justificación de del modelo a escala.**

La escala utilizada en el criterio de trabajabilidad para realizar las unidades de adobe siendo las medidas de escala reducida de 4.00cm (largo), 1.90cm (ancho) y 1.00cm (alto); a escala reducida y en base a las características de la mesa vibratoria que cuenta el laboratorio de estructuras de la EPIC- UNAP.

Según el manual del fabricante de este equipo, esta soporta un peso de 15kg como máximo.

Por lo que para esta vivienda prototipo se consideró el peso de los adobes, sobrecimiento, base de madera y peso del mortero, las cuales para esta escala suma 12kg.

Luego de realizar los cálculos se tiene que:

**Tabla 44*****Pesos de muestra cantera Chucuito.***

<b>Descripción</b>	<b>volumen</b>	<b>Cantidad (und)</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>Peso parcial</b>	<b>Peso total del modeló (gr)</b>
Peso de adobe	-	486	12.87	6254.82	
Peso de base de madera	-	1	3015.47	3015.47	
Peso de mortero	140.44	Peso Específico=	1.69	237.35	11,595.64
Peso de concreto	0.87	Peso Específico=	2.40	2,088.00	

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

De la tabla se desprende que el peso de la vivienda a escala será de 11,595.64 gr Es por ello que se eligió esta escala, para poder realizar ensayo dinámico. Se adjunta el manual del fabricante, en el anexo.

**3.5.10 Elaboración de adobes a escala reducida.**

Luego de ejecutar las pruebas de resistencia a compresión simple y ensayo de flexión, se tiene el adobe el cua se trabajara un modelo de ambiente rural a escala reducida es el de Adobe Patrón + 50.00% VE, para efectos de realizar las pruebas correspondientes al comportamiento sísmico.

Se realizó los adobes para los modelos de ambas canteras, para ello se siguió los siguientes pasos:

Realizando los calculos respectivos se elaboraron la cantidad de 486 adobes de dimensiones 4cmx1.9cmx1cm para construir el modelo de ambiente rural en escala 1/10.

Para ello se tendra que tomar las siguiente dosificaciones en peso para escala 1/10 para las canteras.



- Cantidad de material: 12.74 gr (Cantera Chupa)
- Cantidad de material: 12.87 gr (Cantera Chucuito)

Ahora bien, para 486 adobes a escala para ello se realizará la distribución

para la cantera Chupa se dé la siguiente manera:

- Cantidad de material 6,191.64 gr
- Paja: 4.90 gr
- Agua: 1,060.28 ml
- Viruta de eucalipto: 2.45 gr adición al 50%.

Distribución para la cantera Chupa se dé la siguiente manera:

- Cantidad de material 6,254.82 gr
- Paja: 4.95 gr
- Agua: 1,071.21 ml
- Viruta de eucalipto: 2.45 gr adición al 50%.

Siguiendo los mismos pasos para la elaboración de los adobes a escala real, se comenzó a elaborar los adobes a escala reducida.

- Se realizó la saturación del material de cantera durante 48 horas para que la arcilla llegue a una saturación óptima, para luego mezclarlo con paja y virutas de eucalipto y al final tener una mezcla homogénea.
- Se procedieron a realizar las muestras de adobes.
- Se procedió a dejar secando hasta obtener un peso constante.



## Figura 66

*Elaboración de adobes patrón y adobe añadido con viruta de eucalipto a escala 1/10.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### 3.5.11 Elaboración de modelo de ambiente rural a escala 1/10

Se realizó dos modelos a escala para cada zona en estudio, por lo que se realizó 04 modelos de ambiente rural de escala para que sean sometidos a la mesa vibratoria.

Para la elaboración del ambiente rural a escala se requiere los siguientes materiales:

- 04 unidades de Madera para base de 50cmx50cmx1”.
- 486 adobes por ambiente rural.
- Cemento portland IP.
- Arena gruesa.

- Alambre galvanizado.
- Se realizó el trazo en la madera para el sobrecimiento y este pueda ser vaciado y posteriormente realizar el asentado del muro de adobe.
- Se realizó el asentado del muro hasta llegar a la altura de la viga collar.
- Se procedió a armar la viga collar, asegurarlo con alambre galvanizado y continuar con el asentado hasta llegar a las alturas deseadas.

### Figura 67

*Elaboración del modelo a escala 1/10 del ambiente rural.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se dejó secar los modelos a escala en un ambiente fresco hasta obtener un peso constante.

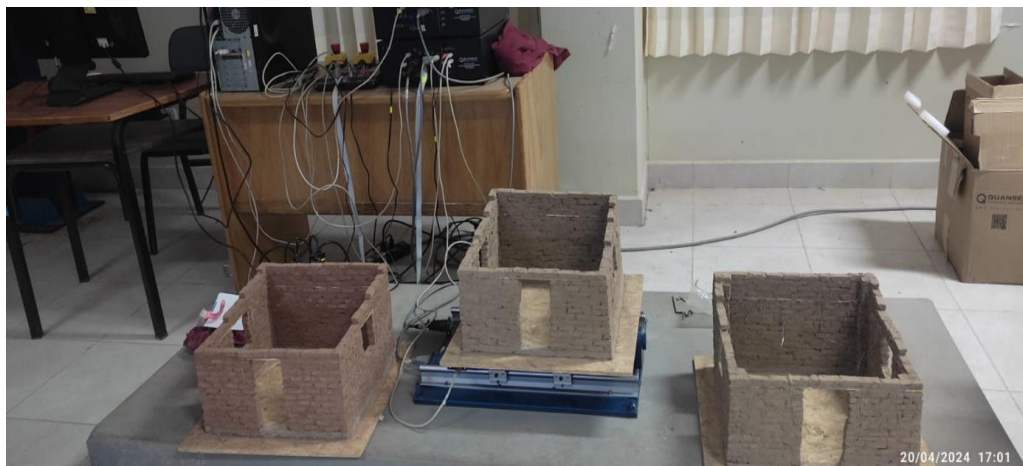
#### 3.5.12 Ensayo dinámico de modelos a escala

Se realizó el ensayo en la Universidad Nacional de Altiplano de Puno de en el laboratorio del área de estructuras que cuenta la Escuela Profesional de

Ingeniería Civil. con una mesa vibratoria tipo uniaxial de 01 etapa, escenario inferior 0.61 x 0.46 cm, masa máxima de carga total 15.00 kilogramos, máxima velocidad en etapa 664.9 mm/s, fuerza máxima de fase 708.7 N, aceleración máxima de la etapa a 0 kg de carga 24.5 m/s<sup>2</sup>.

### Figura 68

*Modelos a escala para que sea sometido a ensayo dinámico.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

#### 3.5.13 Fases en ensayos dinámicos

De acuerdo a las bibliografías realizadas se toma como referencia para poder realizar este ensayo en diferentes fases:

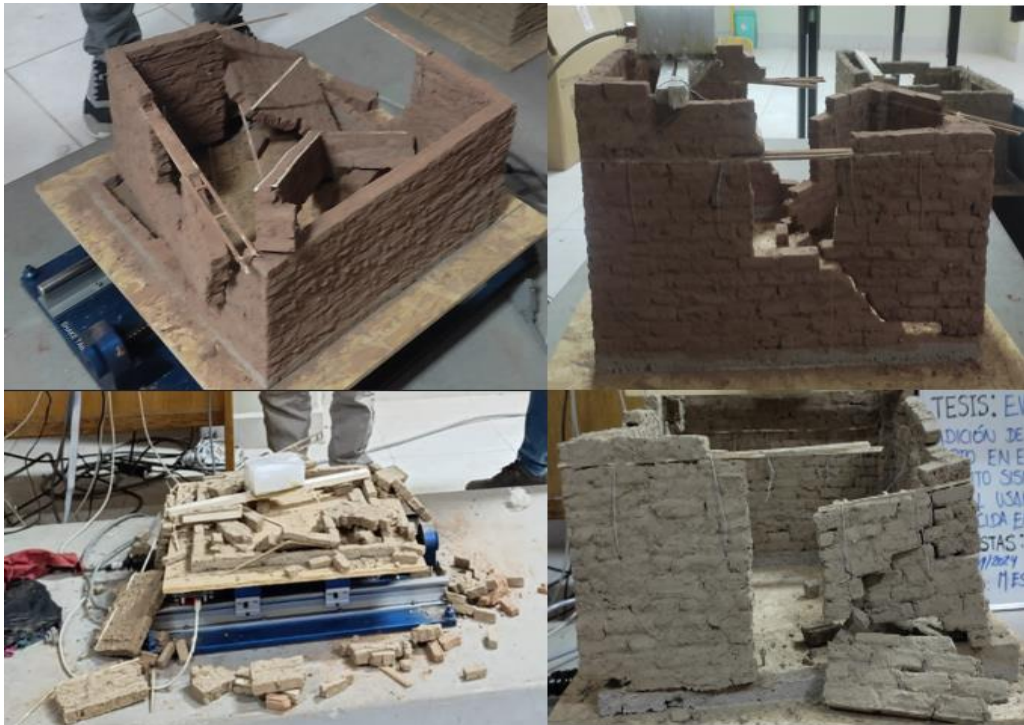
- Fase 1:  $A=1.00$  cm,  $F=1.00$  Hz,  $t=10$ s.
- Fase 2:  $A=1.00$  cm,  $F=2.00$  Hz,  $t=10$ s.
- Fase 3:  $A=1.00$  cm,  $F=2.50$  Hz,  $t=10$ s.
- Fase 4:  $A=1.00$  cm,  $F=3.00$  Hz,  $t=10$ s.
- Fase 5:  $A=1.00$  cm,  $F=3.50$  Hz,  $t=10$ s.
- Fase 6:  $A=1.00$  cm,  $F=4.00$  Hz,  $t=10$ s.
- Fase 7:  $A=1.00$  cm,  $F=4.50$  Hz,  $t=10$ s.

A= amplitud, F= frecuencia, t=tiempo del ensayo.

Ultima fase 7, como la máxima que se aplicó hasta llegar al colapso del modelo a escala, en el ensayo realizado algunos modelos a escala llegaron hasta la fase 6 y fase 7.

### Figura 69

*Modelos a escala ensayados en mesa vibratoria.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

#### **3.5.14 Identificación de los tipos de falla en los prototipos en adobes sin adición de virutas de eucalipto y adicionado con virutas de eucalipto.**

Se realizó la identificación del tipo de falla de acuerdo la bibliografía revisada según a las fases y tiempo que estas sufrieron las cuales se muestran a continuación.

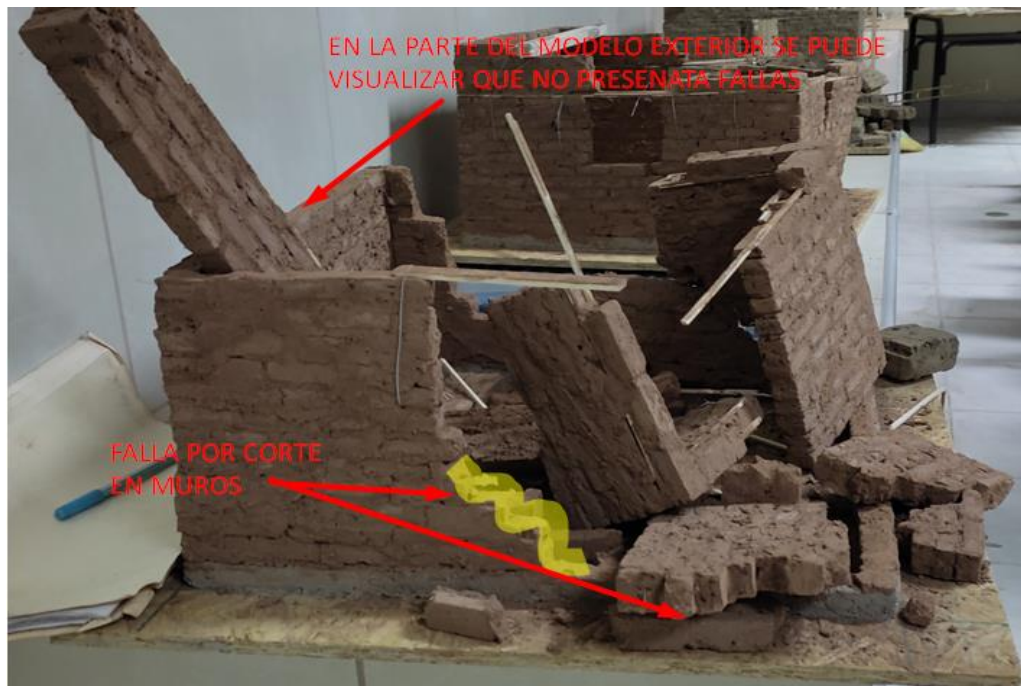
#### **Cantera Chupa:**

Se muestra el modelo sin adición de viruta de eucalipto, es decir con adobes patrón.

De acuerdo al ensayo dinámico realizado se tiene que el modelo elaborado con muestras de adobe patrón, llegaron a fase 7 con una amplitud de 1.00 cm, Frecuencia de 4.50 Hz y haciendo un tiempo acumulado total de 88 segundos hasta llegar al fallo como se muestra en la figura 69.

### Figura 70

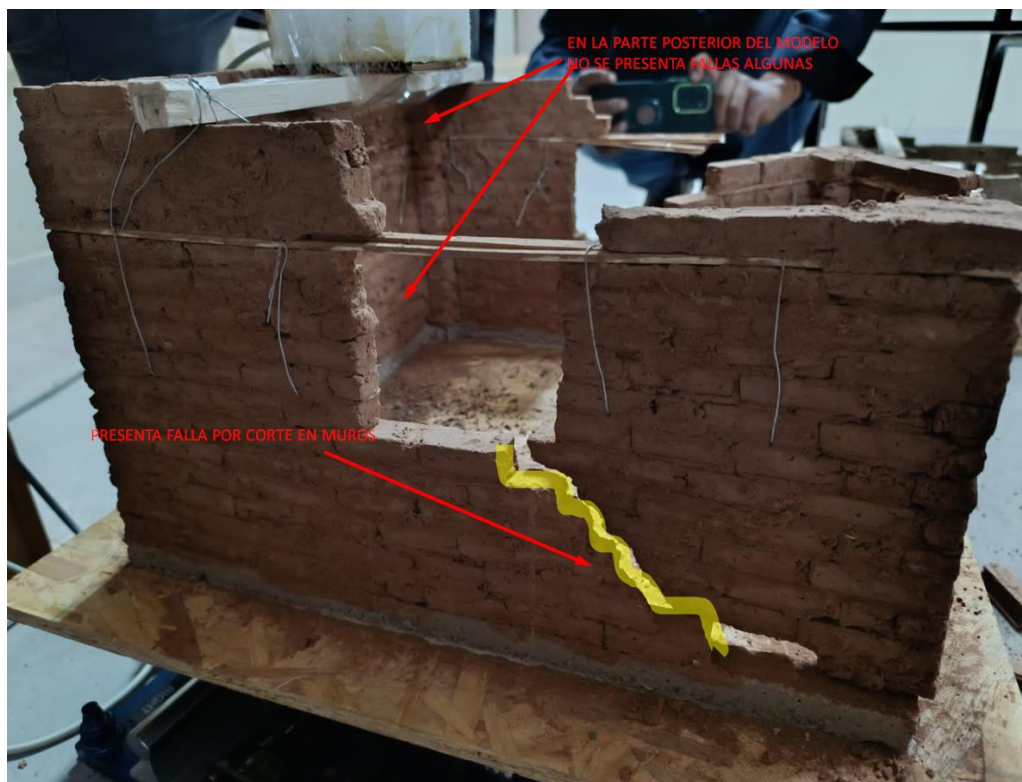
*Fallas luego del ensayo dinámico en modelo con adobe patrón de la cantera Chupa.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación..

### Figura 71

*Falla de ensayo dinámico en modelo con AP + 50% VE de la cantera Chupa.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación..

De acuerdo al ensayo dinámico realizado se tiene que el modelo elaborado con muestras de adobe adicionado con virutas de eucalipto llegaron a fase 7 con una amplitud de 1.00 cm, Frecuencia de 4.50 Hz y haciendo un tiempo acumulado total de 89 segundos hasta llegar al fallo como se muestra en la figura 68. De acuerdo a ello se puede observar que el modelo a escala de adobes adicionados con virutas de eucalipto, presenta una falla más dúctil el cual y solo se presenta fallas en zonas más vulnerables y está comportándose de mejor manera frente a un evento sísmico.

#### **Cantera Chucuito:**

De acuerdo al ensayo realizado para el modelo elaborado de adobes sin adición de virutas de eucalipto, llegaron a fase 6 con una amplitud de 1.00 cm,

Frecuencia de 4.00 Hz y con una duración de 56 segundos siendo este tiempo donde se llegó hasta el colapso inminente del modelo a escala tal como se muestra la figura 67.

### Figura 72

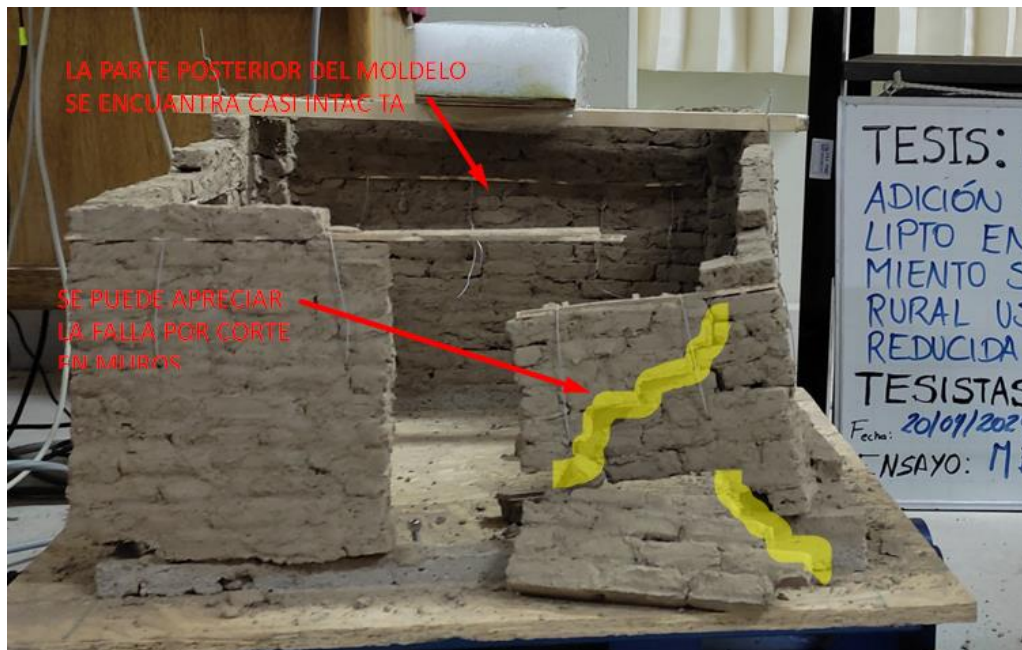
*Ensayo dinámico en modelo con adobe patrón de la cantera Chucuito.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación..

### Figura 73

*Falla de ensayo dinámico en modelo con AP + 50% VE de la cantera Chucuito.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación..

De acuerdo al ensayo realizado para el modelo elaborado con adobes con adición de virutas de eucalipto, llegaron a fase 7 con una amplitud de 1.00 cm, Frecuencia de 4.00 Hz y con una duración de 72 segundos siendo este tiempo donde se llegó hasta el colapso del modelo a escala tal como se muestra la figura 72.

Según los resultados obtenidos se puede apreciar que las propiedades mecánicas que se realizó al adobe patrón y adicionado con virutas de eucalipto, estas tienen resultados mejorando dichas propiedades por lo que esto se refleja en los modelos a escala realizados que fueron sometidos a efectos sísmicos, desarrollando modelos más dúctiles y no frágiles frente a eventos sísmicos. Ya que las viviendas construidas con las dimensiones de 40x19x10cm, podemos encontrarlos en las zonas de estudio como es el distrito de Chupa y Chucuito, se realiza el análisis y deja entender que al incrementar las virutas de eucalipto



mejora en las propiedades mecánicas y dinámicas de una construcción de un ambiente de adobe.

### 3.5.15 Análisis de los cuatro modelos a escala con el ensayo dinámico

**Tabla 45**

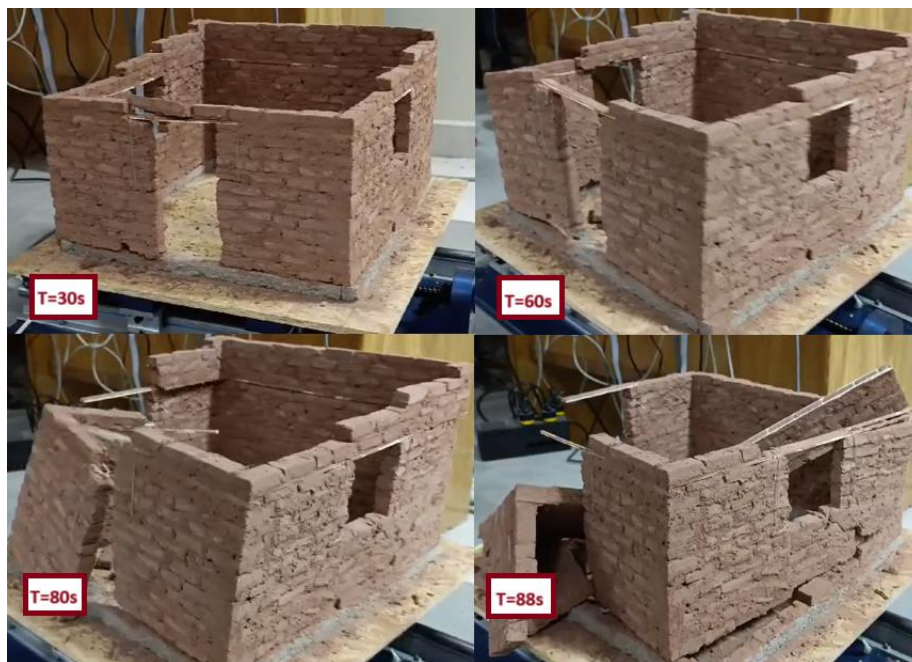
*Evolución de la estructura de modelo a escala cantera Chupa Adobe patrón.*

Tiempo (s)	Aceleración(m/s <sup>2</sup> )	Evolución de la estructura
10	0.1996	No presenta fallas
20	0.2401	No presenta fallas
30	0.5018	No presenta fallas
40	2.0074	Presenta fisuras pequeñas
50	4.5005	Presenta pequeñas fallas diagonales en el muro
60	7.1836	Presenta fallas diagonales en el muro
70	11.8485	Daños en la base del muro
80	13.6889	Colapso parcial
88	27.29	Colapso inminente de la estructura

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 74**

*Representación gráfica de tiempo vs. Aceleración – Cantera Chupa adobe patrón.*



Fuente: Realizado por el equipo de investigación

**Tabla 46**

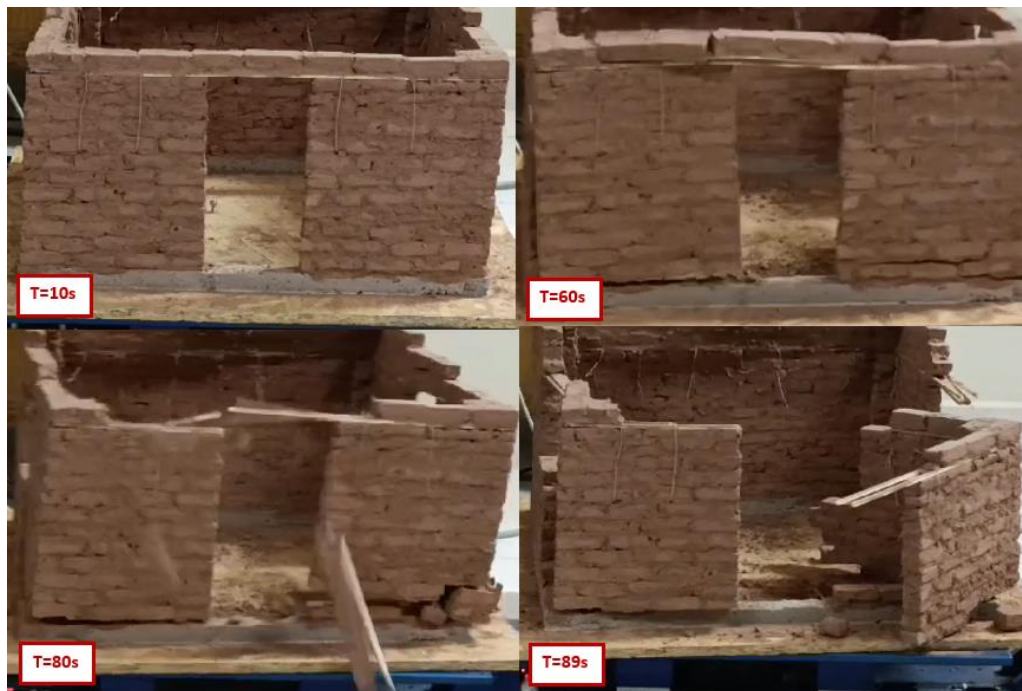
*Evolución de la estructura de modelo a escala cantera Chupa Adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto.*

Tiempo (s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Evolución de la estructura
10	0.2532	No presenta fallas
20	0.3068	No presenta fallas
30	0.7153	No presenta fallas
40	2.0659	No presenta fallas
50	4.7361	Presenta pequeñas fisuras
60	7.2764	Presenta fallas diagonales en el muro y daños en la base de la mismas
70	12.2409	Daños en la base del muro y colapsos parciales
80	14.4336	Fallas en base de muro y colapsos
89	34.23	Colapso inminente de la estructura

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 75**

*Representación gráfica de tiempo vs. Aceleración – Cantera Chupa adobe patrón + 50% VE.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 47**

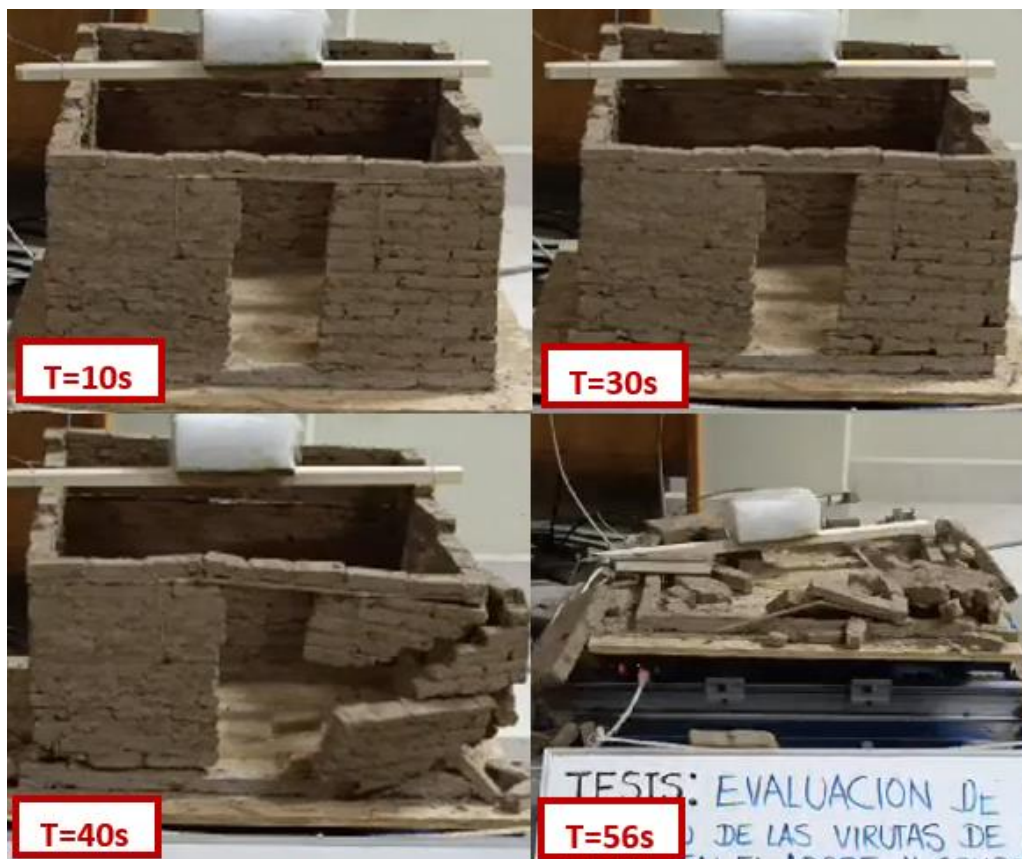
*Evolución de la estructura de modelo a escala cantera Chucuito Adobe patrón.*

Tiempo (s)	Aceleración(m/s <sup>2</sup> )	Evolución de la estructura
10	0.4612	No presenta fallas
15	0.8445	Presenta pequeñas fisuras
20	0.793	Presenta fallas diagonales en el muro
30	2.4481	Presenta fallas diagonales en el muro
40	6.3294	Daños en la base del muro y colapso parcial
50	12.293	Colapsos de los muros y viga collar
56	18.3125	Colapso inminente de la estructura

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 76**

*Representación gráfica de tiempo vs. Aceleración – Cantera Chucuito adobe patrón.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 48**

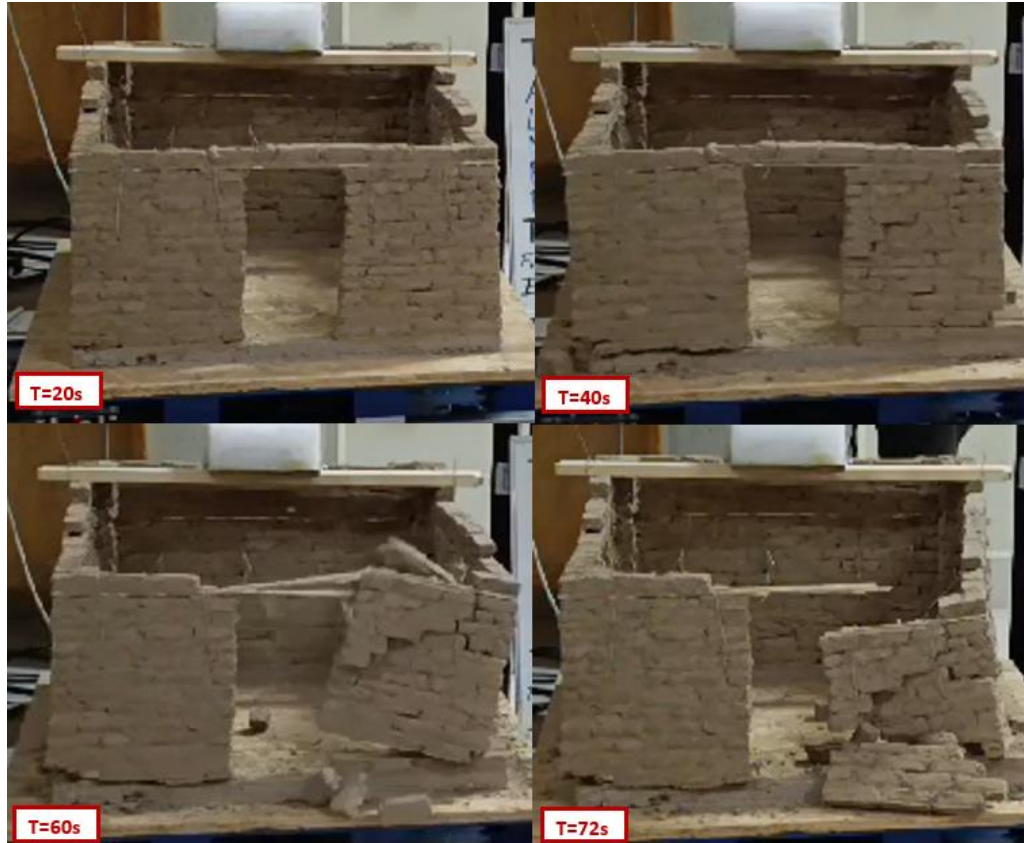
*Evolución de la estructura de modelo a escala cantera Chucuito Adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto.*

Tiempo (s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Evolución de la estructura
10	0.5965	No presenta fallas
15	2.007	No presenta fallas
20	2.2644	No presenta fallas
30	2.9644	No presenta fallas
40	8.0069	Presenta daños en la base del muro y fallas diagonales en muros
50	8.312	Colapsos de los muros
60	11.7819	Colapsos de los muros y viga collar
72	18.2322	Colapso inminente de la estructura

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Figura 77**

*Representación gráfica de tiempo vs. Aceleración – Cantera Chucuito adobe patrón + 50% VE.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

## 3.6 DISEÑO ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 3.6.1 Prueba estadística

En el contexto de la evaluación y el análisis de los resultados obtenidos, es de suma importancia, ya que nos permite tener certitud de los valores obtenidos en los ensayos, que se llevarán a cabo de acuerdo con el enfoque que se describe a continuación.

El análisis de varianza (ANOVA) de una vía se utiliza para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de dos o más grupos.

**Tabla 49**

*Análisis de varianza.*

Análisis de Varianza				
Fuente	Grados de libertad GL	Suma de cuadrados SC Ajust.	Cuadrados medios MC Ajust.	Valor F
Tratamiento	k-1	SCTr	$CMT_r = \frac{SCT_r}{k-1}$	$F = \frac{CMT_r}{CME}$
Error	n-k	SCE	$CME = \frac{SCE}{n-k}$	
Total	n-1	SCT		

Fuente: Extraído del software ANOVA.

Partiendo de que la hipótesis nula afirma que todas las medias son iguales:

$$H_0: u_1 = u_2 = u_3 = \dots = u_k$$

Donde:

k = el número de grupos diferentes

Y la hipótesis alternativa es que al menos una media difiere de la otra:

$$H_1: \text{al menos una media difiere de la otra}$$



**a) Grados de libertad en el numerador (V1)**

Es la diferencia entre el máximo y el mínimo valor de un conjunto de datos.

$$GL_{v1} = k - 1$$

Donde:

k = el número de grupos diferentes

**b) Grados de libertad en el denominador (V2)**

Es la diferencia entre el máximo y el mínimo valor de un conjunto de datos.

$$GL_{v2} = n - k$$

Donde:

n = tamaño total de la muestra

k = el número de grupos diferentes

**c) Suma Total (T)**

Este valor se calcula sumando todos los valores de los diferentes grupos:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_k$$

Donde:

Tk = suma de valores de los diferentes grupos

**d) Factor corrección (Fc)**

Se calcula con la siguiente relación:



$$Fc = \frac{T^2}{n}$$

Donde:

T = Suma total

n = tamaño total de la muestra

**e) Suma de cuadrados totales (SCT)**

Este valor se obtiene con la suma de cuadrados del total de los valores de la muestra menos el factor de corrección:

$$SCT = \sum_{ij}^n X_{ij}^2 - Fc$$

Donde:

Xij = valores de los diferentes grupos

Fc = factor de corrección

**f) Suma de cuadrados tratamientos (SCTr)**

Este valor se obtiene con la suma de cuadrados de cada total de los diferentes grupos menos el factor de corrección:

$$SCTr = \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n_i} - Fc$$

Donde:

Ti = Suma total de los diferentes grupos

Fc = factor de corrección



**g) Suma de cuadrados del error (SCE)**

Este valor se obtiene con la diferencia de la suma de cuadrados totales y la suma de cuadrados tratamientos:

$$SCE = SCT - SCTr$$

Donde:

SCT = Suma cuadrados totales

SCTr = Suma cuadrados tratamientos

**h) Cuadrados medios tratamientos (CMTr)**

Este valor se calcula con la relación de la suma de cuadrados tratamientos entre los grados de libertad de tratamientos:

$$CMTr = \frac{SCTr}{k - 1}$$

Donde:

SCTr = Suma cuadrados tratamientos

k = el número de grupos diferentes

**i) Cuadrados medios del error (CME)**

Este valor se calcula con la relación de la suma de cuadrados del error entre los grados de libertad del error:

$$CME = \frac{SCE}{n - k}$$

Donde:





SCE = suma cuadrados del error

n = tamaño total de la muestra

k = el número de grupos diferentes

**j) Razón (F)**

Este valor se obtiene con la relación de la suma de cuadrados medios tratamientos entre los cuadrados medios del error:

$$F = \frac{CMT_r}{CME}$$

Donde:

CMT<sub>r</sub> = cuadrados medios tratamientos

CME = cuadrados medios del error

**3.6.2 Prueba de hipótesis**

Para verificar la hipótesis, se utiliza el siguiente esquema:

- a) **Identificar el parámetro de interés: en este caso el valor F.**
- b) **Establecer la hipótesis nula (H<sub>0</sub>)**

En la presente investigación se plantea la siguiente hipótesis nula

$$H_0: u_1 = u_2 = u_3 = u_4.$$

- c) **Especificar una apropiada hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>):**

$$H_1: \text{Al menos una de las medias } u_i \text{ es diferente a las demás.}$$

- d) **Seleccionar el nivel de significancia**



Para la presente investigación se tomará un nivel de significancia del 0.05.

$\alpha = 0.05$  con 95% de probabilidad de certeza.

**e) Establecer el estadístico de prueba**

El rechazo o la aceptación de la hipótesis dada puede lograrse mediante el uso de la estadística de prueba, que depende del valor adquirido y del grado de significancia.

Procedimiento de cálculo

Rechazar  $H_0$  si:

$$\text{Estadístico } F > \text{valor crítico } F$$

$$F > F_{\alpha, k-1, n-k}$$

Donde:

$n$  : tamaño total de la muestra

$k$  : número de grupos diferentes

$\alpha$  : nivel de significancia

$k-1$  : grados de libertad (numerador)

$n-k$  : grados de libertad (denominador)

El estadístico  $F$  hallaremos mediante el análisis de varianza (ANOVA) y el valor crítico  $F$ , mediante tablas  $F$  (ver anexo) tomando en cuenta el nivel de significancia, grados de libertad del numerador y denominador.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, presentamos los resultados de las pruebas realizadas sobre las propiedades mecánicas, ensayo de compresión simple y flexión en porcentajes del 25%, 50% y 75% respecto al peso de la paja, así como los resultados de la simulación sísmica. Estos resultados se presentan en este capítulo.

#### **4.1 RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE**

##### **4.1.1 Ensayo de compresión simple cantera Chupa**

Estos son los resultados de ensayo a compresión simple de la muestra estándar y sus adiciones procedentes de la cantera de Chupa. Las muestras se fabricaron en cubos de arista de 10 centímetros que pasaron por un proceso de secado durante treinta días.

**Tabla 50***Resultados de las muestras ensayadas a compresión simple de cantera Chupa.*

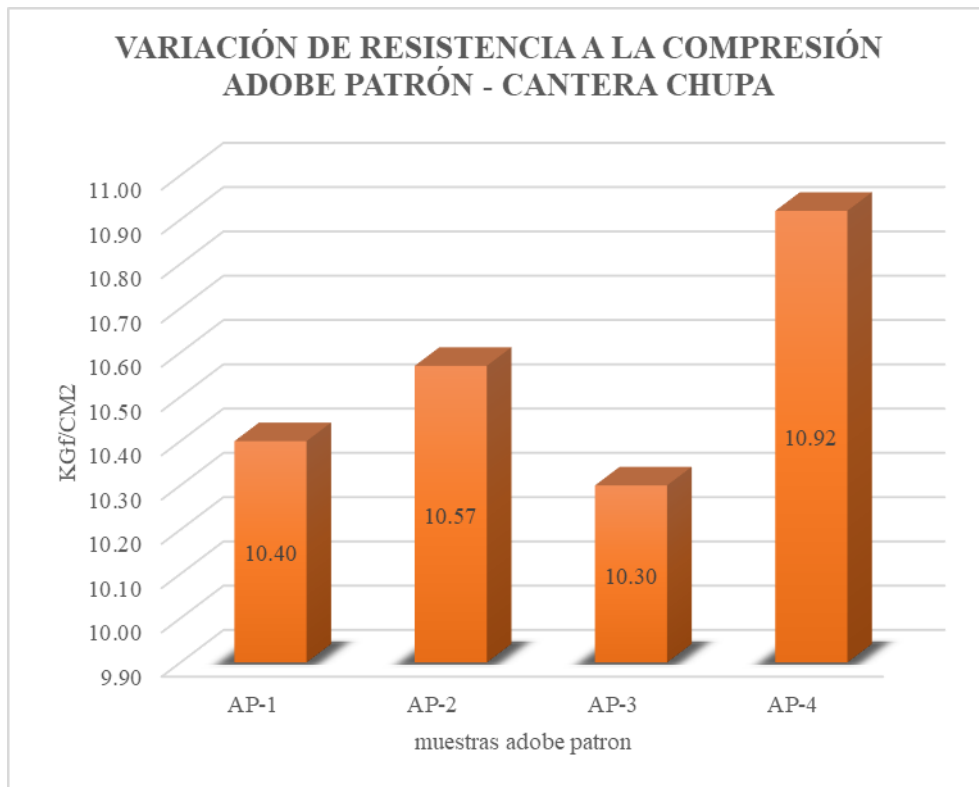
Grupos de control	Resistencia última según normativa E-080 (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lectura del dial (kgf)	Resistencia obtenida (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )
AP-1	10.20	1040	10.40	
AP-2	10.20	1057	10.57	
AP-3	10.20	1030	10.30	10.55
AP-4	10.20	1092	10.92	
-	-	-	-	
AP-1 + 25% VE	10.20	1053	10.53	
AP-2 + 25% VE	10.20	1070	10.70	
AP-3 + 25% VE	10.20	1249	12.49	11.31
AP-4 + 25% VE	10.20	1153	11.53	
-	-	-	-	
AP-1 + 50% VE	10.20	1620	16.20	
AP-2 + 50% VE	10.20	1545	15.45	
AP-3 + 50% VE	10.20	1489	14.89	15.66
AP-4 + 50% VE	10.20	1611	16.11	
-	-	-	-	
AP-1 + 75% VE	10.20	1828	18.28	
AP-2 + 75% VE	10.20	1703	17.03	
AP-3 + 75% VE	10.20	1690	16.90	17.09
AP-4 + 75% VE	10.20	1615	16.15	

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

La tabla ilustra la gama de valores del promedio de ensayo a compresión de los adobes patrón y adobes adicionados en 25%, 50% y 75% de virutas de eucalipto. Se obtuvo resistencias promedio de 10.55 kgf/ cm<sup>2</sup> 11.31 kgf/ cm<sup>2</sup> ,15.66 kgf/ cm<sup>2</sup> y 17.09 kgf/ cm<sup>2</sup> por lo que se deduce conforme se adiciono virutas de eucalipto aumentaba los valores del ensayo de compresión simple.

**Figura 78**

*Resistencias últimas a compresión del adobe patrón cantera Chupa.*

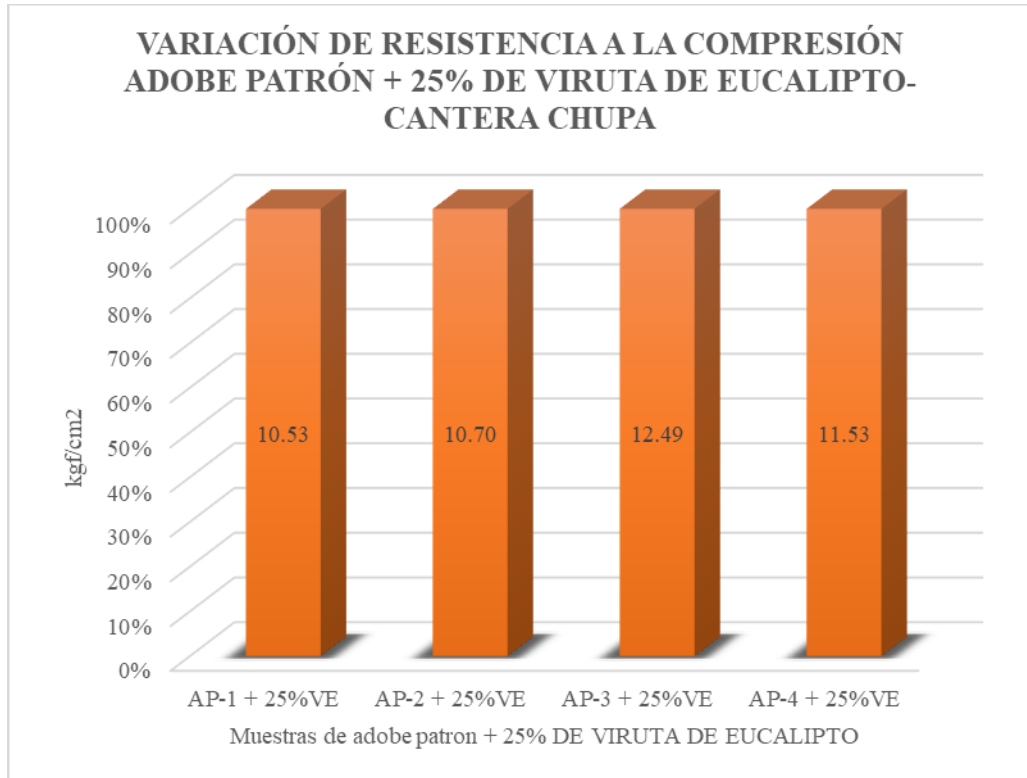


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra una gama de valores obtenidos en ensayo a compresión para el adobe patrón de la cantera norte, el cual tiene un mínimo de 10.20 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 10.92 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 10.55 kgf/cm<sup>2</sup> el cual supera al valor ultimo de 10.20 kgf/cm<sup>2</sup> establecido por la normativa E-080.

**Figura 79**

*Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto cantera Chupa.*

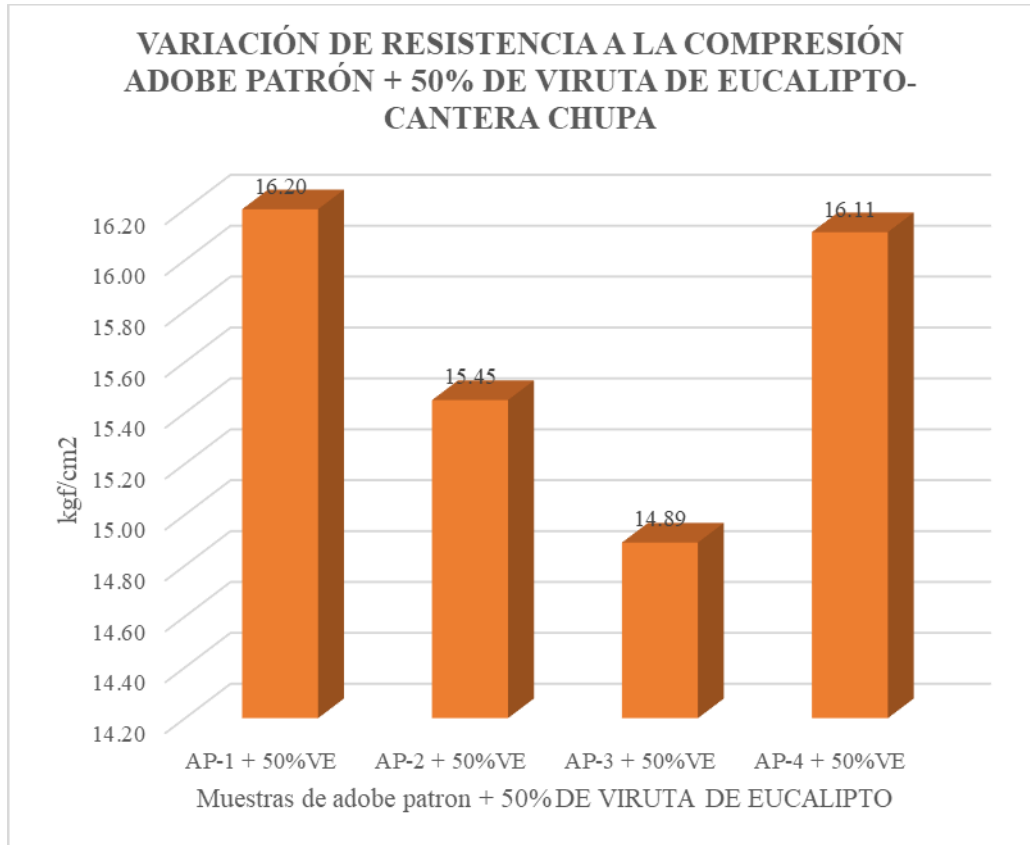


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra una gama de valores obtenidos en ensayo a compresión para el adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto para la cantera norte, el cual con esta adición se tiene un mínimo de 10.53 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 12.49 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 11.31 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 80**

*Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto cantera Chupa.*

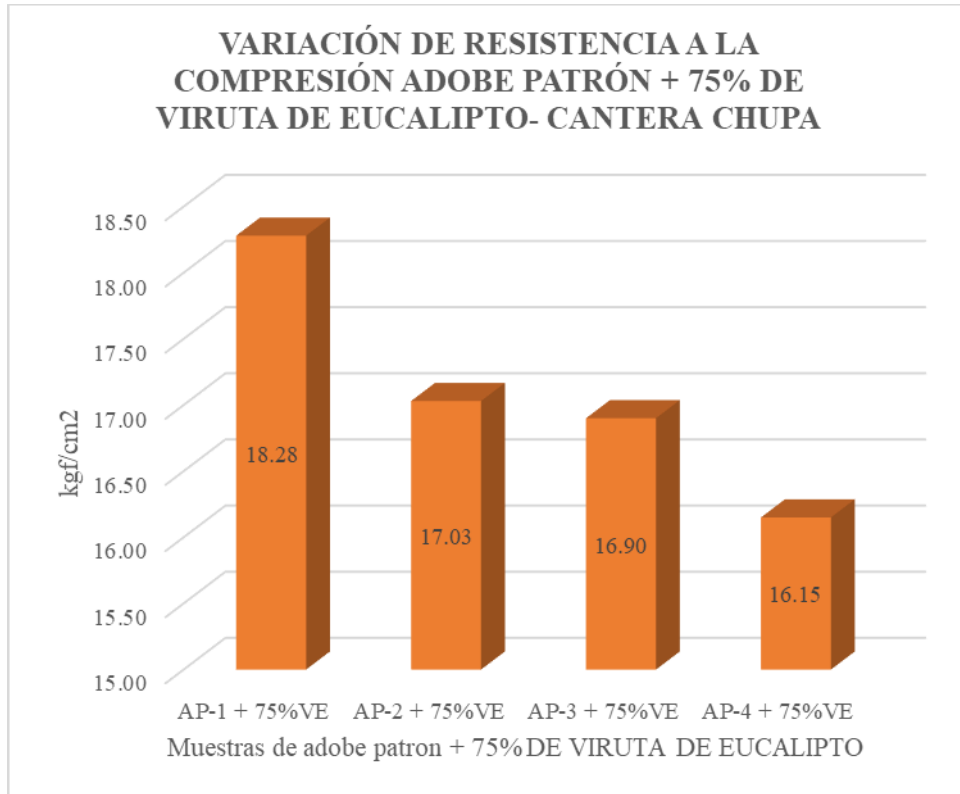


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra la gama de valores obtenidos en ensayo de compresión para el adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto para la cantera norte, el cual con esta adición se tiene un mínimo de 14.89 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 16.20 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 15.66 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 81**

*Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto cantera Chupa.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

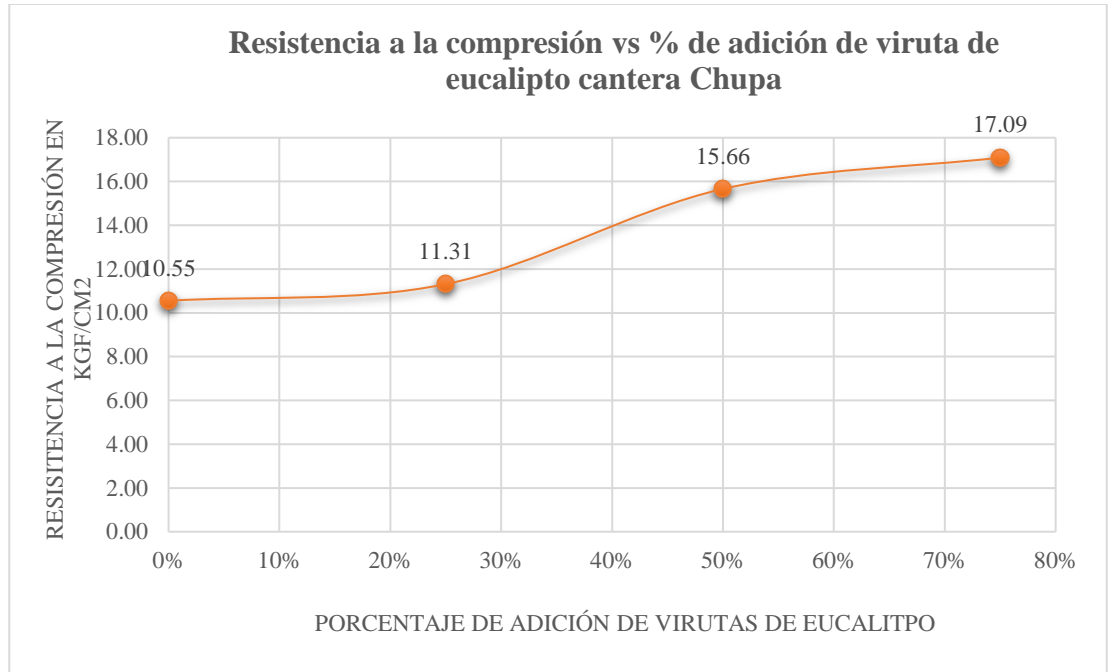
Se ilustra una gama de valores obtenidos en ensayo de compresión para el adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto para la cantera norte, el cual con esta adición se tiene un mínimo de 16.15 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 18.28 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 17.09 kgf/cm<sup>2</sup>

A continuación, se muestran un gráfico de las resistencias a compresión promedio respecto al adobe patrón, adobe patrón adicionado al 25%, 50% y 75%. Para la cantera Chupa.



**Figura 82**

*Resistencia promedio a compresión VS incorporación de viruta de eucalipto para cantera Chupa.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

La figura ilustra la progresión de la resistencia a compresión a conforme aumenta la dosis de virutas de eucalipto, mostrando la varianza. Las muestras que incluyen un 75% y 50% de virutas de eucalipto son las más resistentes al ensayo de compresión simple.

#### **4.1.2 Ensayo de compresión simple cantera Chucuito**

En este apartado se mostrará resultados de ensayo de compresión para muestra patrón y sus dosificaciones de la cantera Chucuito en cubos de 10 cm de arista y con una edad de treinta días.

**Tabla 51***Resultados de resistencia ultima a compresión de adobe patrón de cantera**Chucuito.*

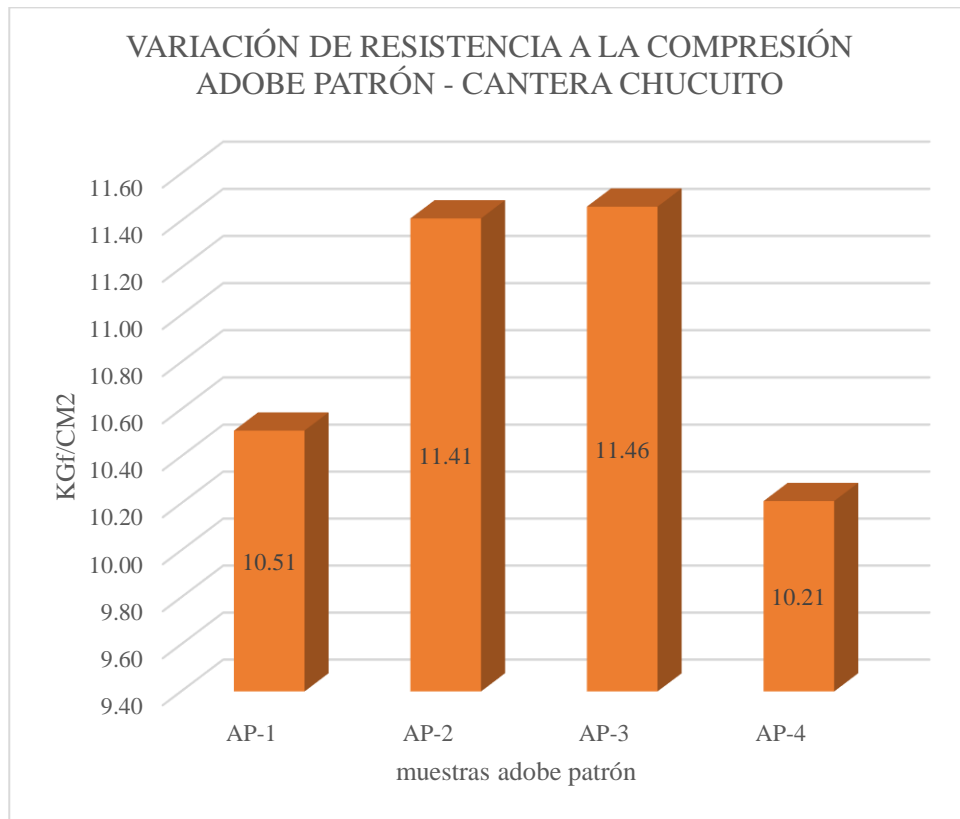
Grupos de control	Resistencia mínima según normativa E-080 (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lectura del dial (kgf)	Resistencia obtenida (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )
AP-1	10.20	1051	10.51	
AP-2	10.20	1141	11.41	10.90
AP-3	10.20	1146	11.46	
AP-4	10.20	1021	10.21	
AP-1 + 25% VE	10.20	1248	12.48	
AP-2 + 25% VE	10.20	1165	11.65	11.84
AP-3 + 25% VE	10.20	1103	11.03	
AP-4 + 25% VE	10.20	1221	12.21	
AP-1 + 50% VE	10.20	1307	13.07	
AP-2 + 50% VE	10.20	1271	12.71	12.34
AP-3 + 50% VE	10.20	1218	12.18	
AP-4 + 50% VE	10.20	1140	11.40	
AP-1 + 75% VE	10.20	1729	17.29	
AP-2 + 75% VE	10.20	1633	16.33	16.75
AP-3 + 75% VE	10.20	1677	16.77	
AP-4 + 75% VE	10.20	1662	16.62	

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Según la tabla 51 para ensayo de compresión de los adobes patrón y adobes añadidos en 25%, 50% y 75% de virutas de eucalipto. Se obtuvo resistencias promedio de 10.90 kgf/ cm<sup>2</sup> 11.84 kgf/ cm<sup>2</sup>, 12.34 kgf/ cm<sup>2</sup> y 16.75 kgf/ cm<sup>2</sup>, por lo que se deduce conforme se adicionaba virutas de eucalipto aumentaba la resistencia a compresión.

**Figura 83**

*Resistencias últimas a compresión del adobe patrón cantera Chucuito.*

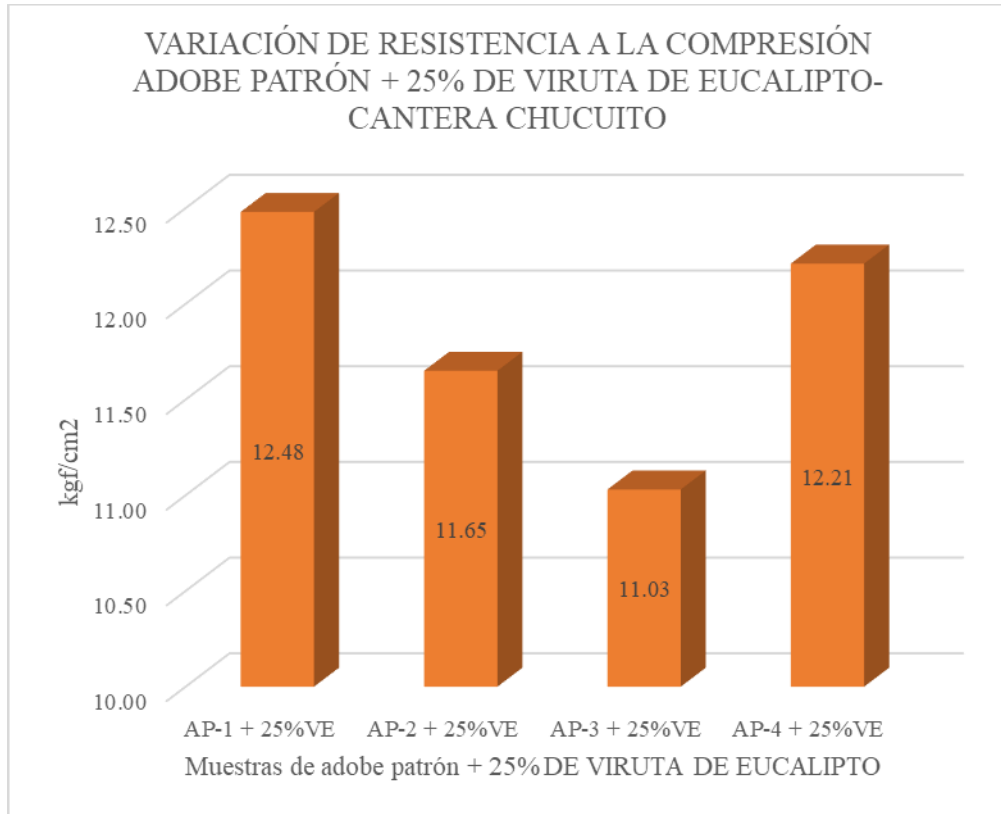


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra una gama de valores obtenidos en ensayo de compresión para el adobe patrón de la cantera norte, el cual tiene un mínimo de 10.21 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 11.46 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 10.90 kgf/cm<sup>2</sup> el cual supera a la resistencia última de 10.20 kgf/cm<sup>2</sup> establecido por la normativa E-080.

**Figura 84**

*Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto cantera Chucuito.*

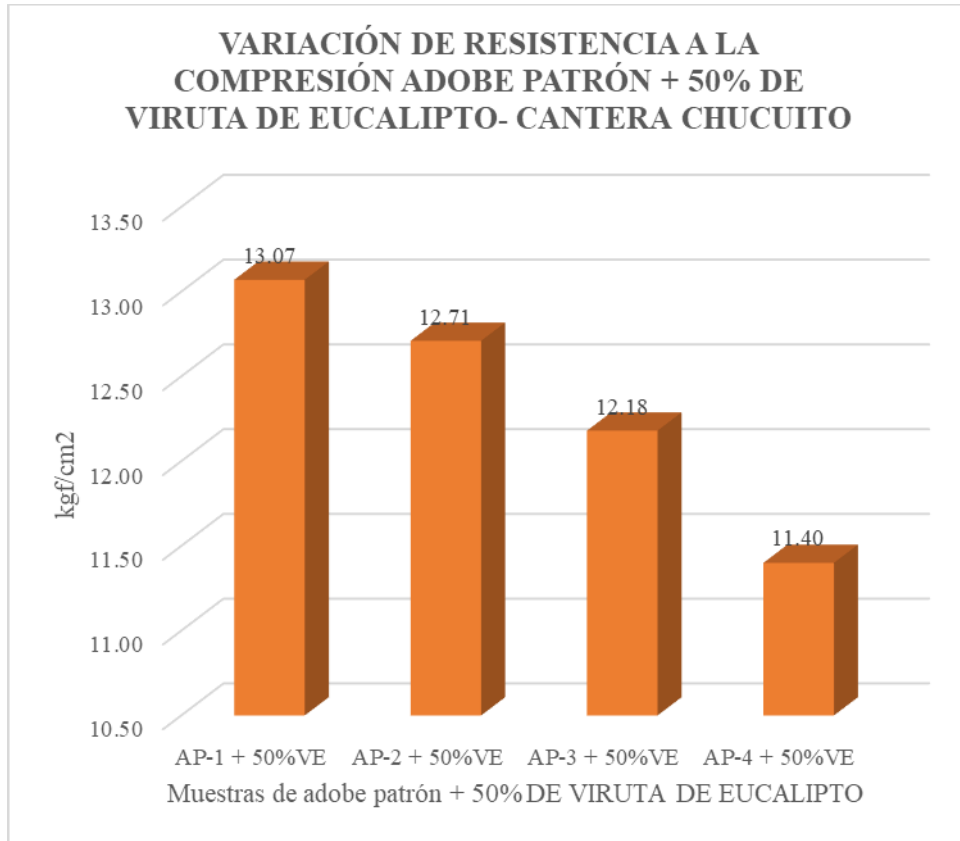


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra una gama de valores obtenidos en ensayo de compresión para el adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto para la cantera sur, el cual con esta adición se tiene un mínimo de 11.03 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 12.48 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 11.84 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 85**

*Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto cantera Chucuito.*

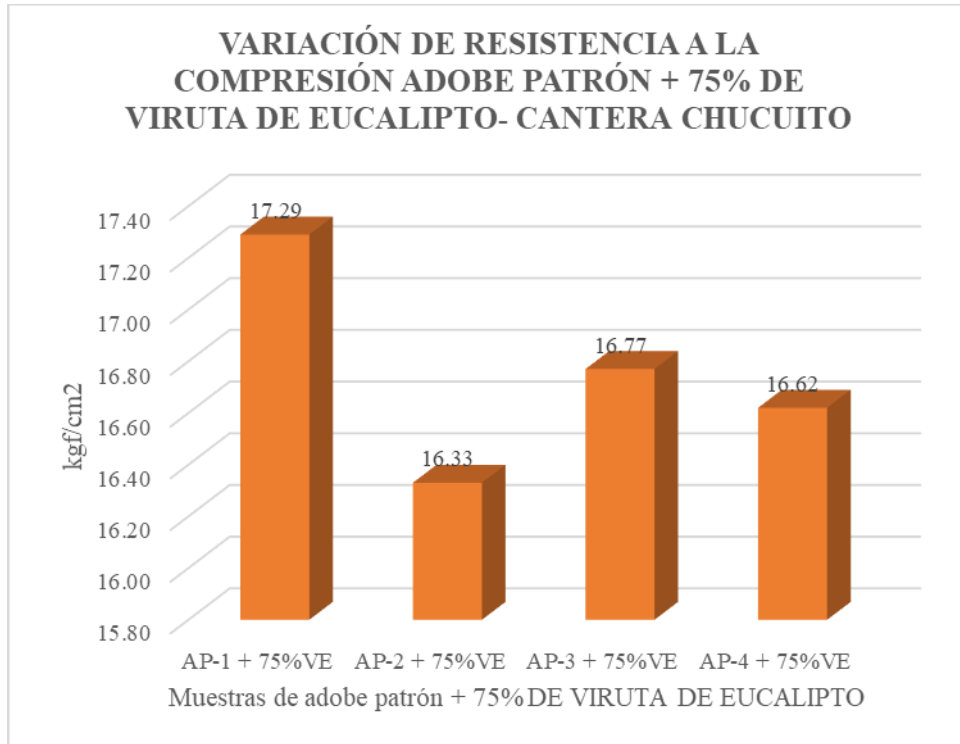


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra una gama de valores obtenidos en ensayo de compresión para el adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto para la cantera sur, el cual con esta adición se tiene un mínimo de 11.40 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 13.07 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 12.34 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 86**

*Resistencias últimas a compresión del adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto cantera Chucuito.*



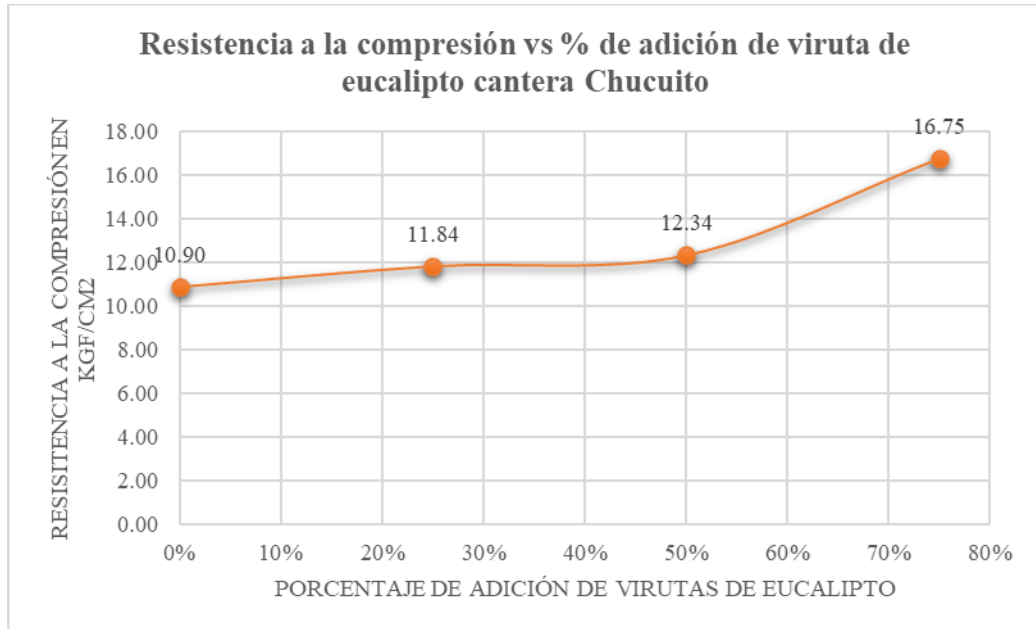
Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra una gama de valores obtenidos en ensayo de compresión para el adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto para la cantera sur, el cual con esta adición se tiene un mínimo de 16.33 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 17.29 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 16.75 kgf/cm<sup>2</sup>

A continuación, se muestran un gráfico de las resistencias a compresión promedio respecto al adobe patrón, adobe patrón adicionado al 25%, 50% y 75%. Para la cantera Chucuito.

**Figura 87**

*Resistencia promedio a compresión VS incorporación de viruta de eucalipto en cantera Chucuito.*

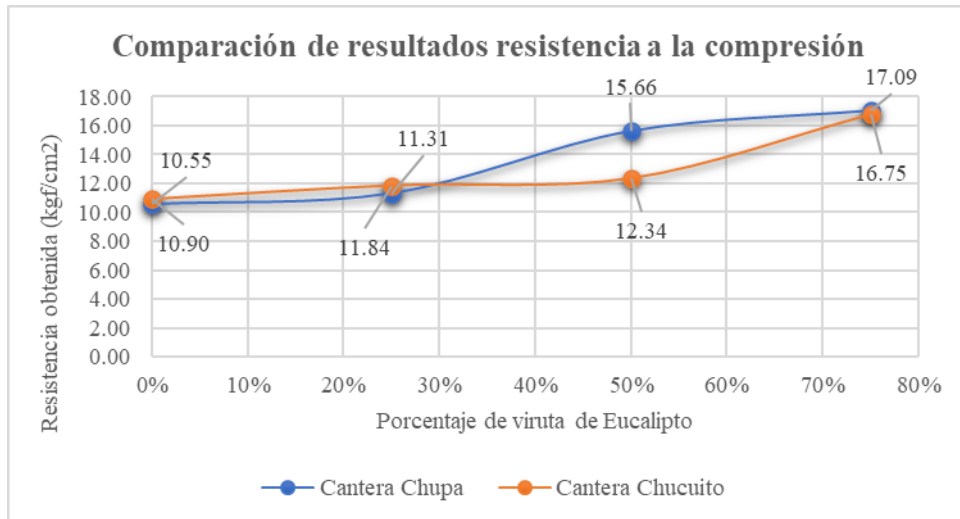


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra la progresión del ensayo a compresión a medida que aumenta la fracción de virutas de eucalipto. Siendo las muestra de 75% de adición de virutas de eucalipto el mas resistente al ensayo de compresión.

**Figura 88**

*Confrontación de resultados promedio de ensayo a compresión ambas zonas de estudio.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra la confrontación de ambas áreas de estudio tanto para la localidad de Chupa y Chucuito del ensayo a compresión, donde se refleja ciertas variaciones en los resultados.

**Figura 89**

*Muestras ensayadas a compresión.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.



Los fallos más frecuentes que se registraron durante el ensayo de compresión fueron grietas columnares y fracturas laterales en el componente de la probeta. Estos fueron los fallos más comunes que se presentaron. Con respecto a la Figura 89, podemos identificar estos fallos.

#### 4.1.3 Comparación de la propiedad mecánica de ensayo a compresión simple del adobe

**Tabla 52**

*Contraste de propiedades mecánicas a compresión simple para cantera Chupa.*

Resultados ensayo a compresión simple				
	AP	AP+25%	AP+50%	AP+75%
Resistencia promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	10.55	11.31	15.66	17.09

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se puede observar que respecto a un adobe tradicional estabilizado con paja (AP), tiene un valor inferior mientras que un adobe añadido virutas de eucalipto tiene resultados mayores respecto al adobe patrón.

**Tabla 53**

*Contraste de propiedades mecánicas a compresión simple para cantera*

*Chucuito.*

Resultados ensayo a compresión simple				
	AP	AP+25%	AP+50%	AP+75%
Resistencia promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	10.90	11.84	12.34	16.75

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se puede observar que respecto a un adobe patrón estabilizado con paja (AP), tiene un resultado inferior mientras que un adobe añadido virutas de

eucalipto tiene un valor mayor respecto al adobe patrón. Esto implica la mejoría ante las propiedades mecánicas del adobe.

#### 4.1.4 Resistencia a flexión cantera Chupa

En este ítem se revisa los resultados de ensayo de flexión de la muestra estándar y sus adiciones de la cantera Chupa en muestras de 40 (largo), 19 (ancho) y 10 (alto) centímetros y con una edad de treinta días.

**Tabla 54**

*Resultados para el ensayo de flexión de la cantera Chupa.*

Grupos de control	Distancia entre apoyos (cm)	Lectura del dial (N)	Resistencia a flexión R(Mpa)	Resistencia a flexión $f_o$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a flexión promedio $f_o$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
AP-1	30	1670	0.3955	4.03	
AP-2	30	1840	0.6608	6.74	
AP-3	30	1610	0.5424	5.53	5.19
AP-4	30	1500	0.4358	4.44	
-	-	-	-	-	
AP-1 + 25% VE	30	2430	0.6158	6.28	
AP-2 + 25% VE	30	2650	0.6276	6.40	
AP-3 + 25% VE	30	2430	0.5945	6.06	6.37
AP-4 + 25% VE	30	2600	0.6608	6.74	
-	-	-	-	-	
AP-1 + 50% VE	30	2880	0.63	6.42	
AP-2 + 50% VE	30	2860	0.6489	6.62	
AP-3 + 50% VE	30	2740	0.6821	6.96	6.73
AP-4 + 50% VE	30	2660	0.6774	6.91	
-	-	-	-	-	
AP-1 + 75% VE	30	2190	0.5566	5.68	
AP-2 + 75% VE	30	2310	0.5187	5.29	
AP-3 + 75% VE	30	2350	0.495	5.05	5.40
AP-4 + 75% VE	30	2090	0.5471	5.58	

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

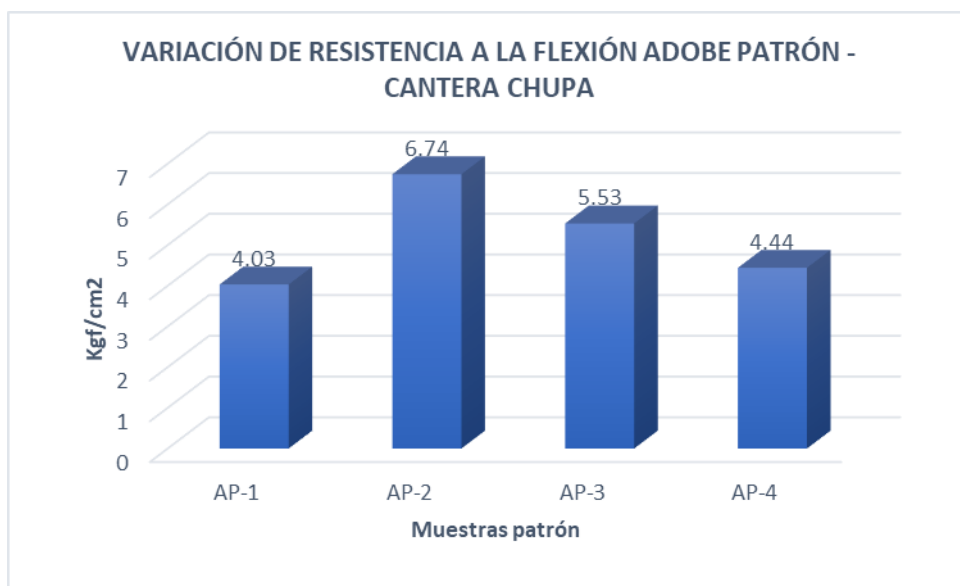
En referencia a la tabla 54, aquí se muestra la resistencia media a la flexión de la muestra patrón, AP + 25% VE, AP + 50% VE y AP + 75% VE son 5.19

kgf/cm<sup>2</sup>, 6.37 kgf/cm<sup>2</sup>, 6.73 kgf/cm<sup>2</sup> y 5.40 kgf/cm<sup>2</sup>. Conforme a los resultados obtenidos se deduce que para las muestras adicionadas al 75% con virutas de eucalipto, la resistencia a la flexión disminuye.

A continuación, se representa las figuras y su variación según los porcentajes adicionados.

### Figura 90

*Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón cantera Chupa.*

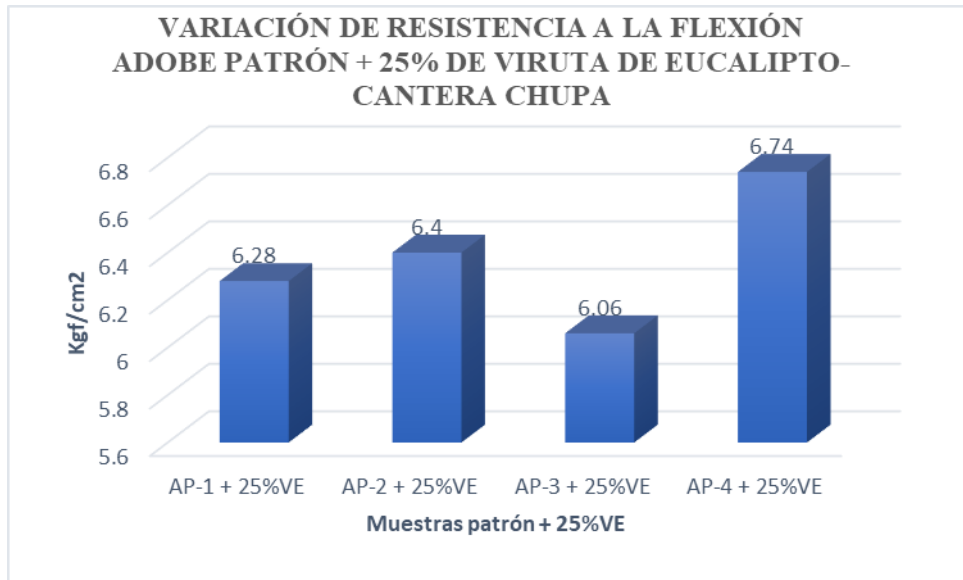


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra la gama de valores obtenidos en el ensayo de flexión para el adobe patrón de la cantera norte, el cual tiene un mínimo de 4.03 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 6.74 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 5.19 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 91**

*Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto cantera Chupa.*

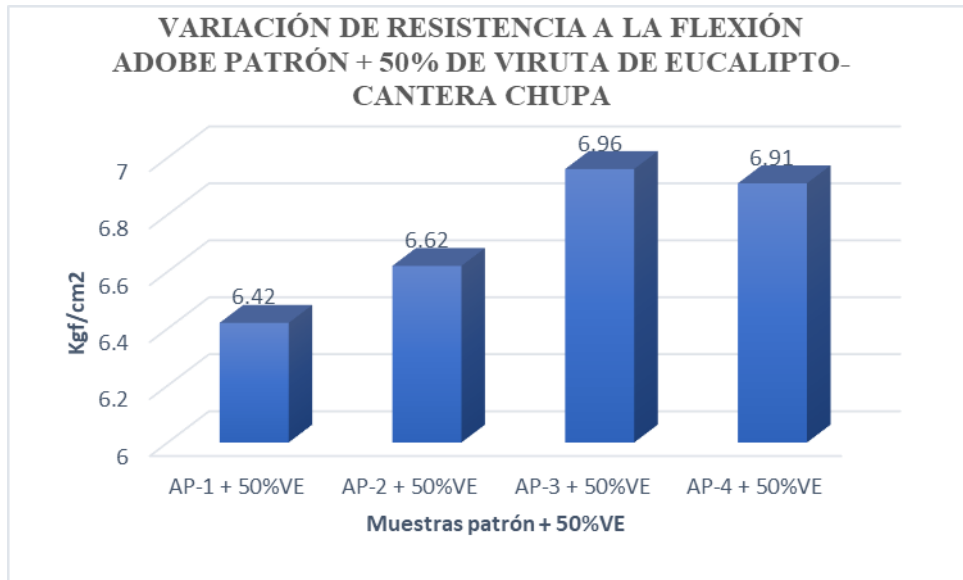


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra la gama de valores obtenidos en el ensayo de flexión para el adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto para la cantera norte, el cual con esta adición tiene un mínimo de 6.06 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 6.74 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 6.37 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 92**

*Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto cantera Chupa.*

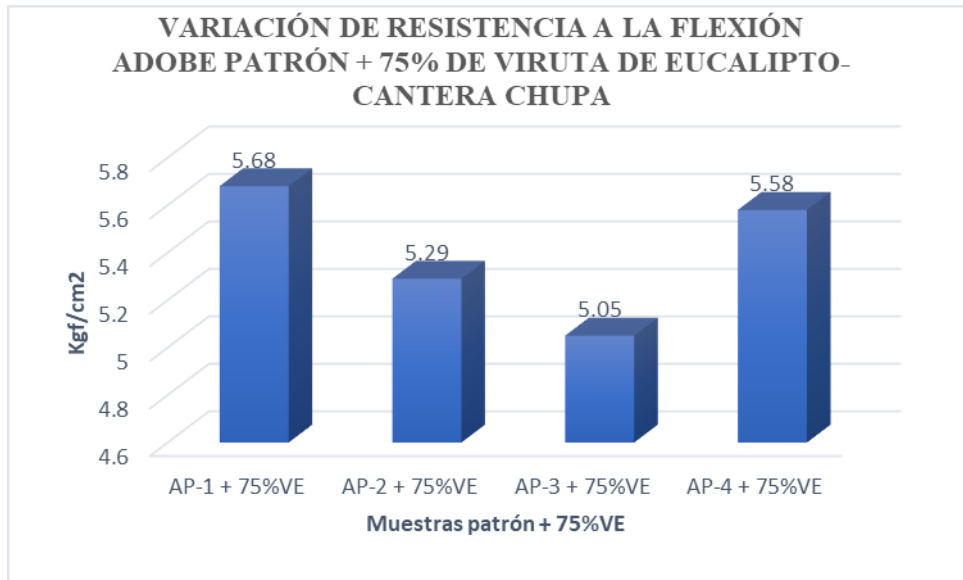


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra la gama de valores obtenidos en el ensayo de flexión para el adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto para la cantera norte, el cual con esta adición tiene un mínimo de 6.42 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 6.91 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 6.73 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 93**

*Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto cantera Chupa.*

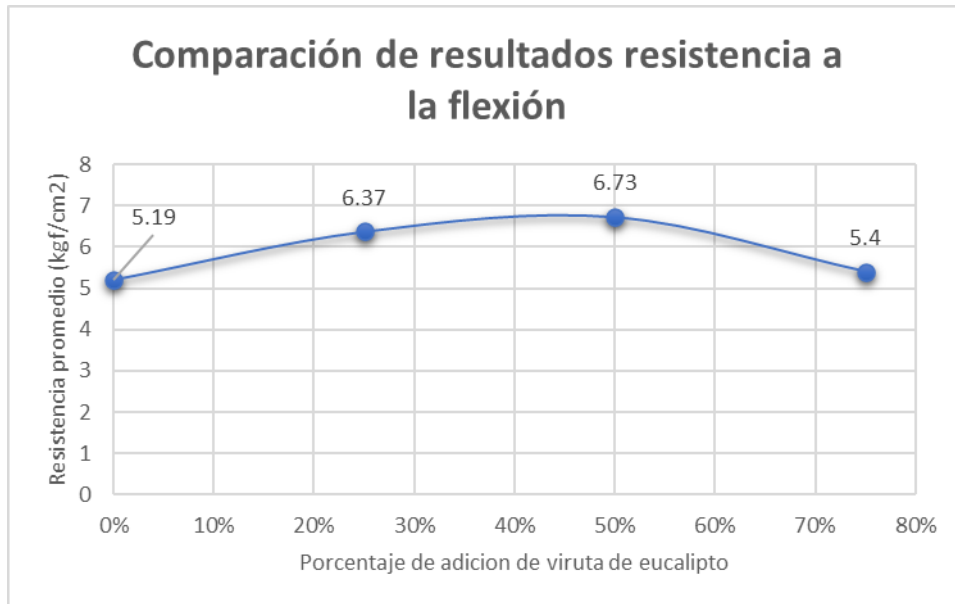


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se ilustra la gama de valores obtenidos en el ensayo de flexión para el adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto para la cantera norte, el cual con esta adición tiene un mínimo de 5.05 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 5.68 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 5.40 kgf/cm<sup>2</sup>.

### Figura 94

*Resistencia promedio a flexión VS incorporación de viruta de eucalipto en cantera Chupa.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

En la figura 94 se valores promedio obtenidos en el ensayo de flexión se observa el incremento progresivo según se va adicionando el porcentaje de virutas de eucalipto. Teniendo resultados que se venían incrementando según se añadía más porcentaje de virutas hasta en un 50% respecto al peso de la paja siendo este el valor mas alto, y luego comienza a desender para porcentajes mayores a 50%, tal como se visualiza en el gráfico.

#### 4.1.5 Resistencia a flexión de cantera Chucuito

En este apartado se revisa los resultados de ensayo de flexión de la muestra estándar y sus adiciones de la cantera Chucuito en muestras de 40 \* 19 \* 10 centímetros y con una edad de treinta días.

**Tabla 55**

*Resultados para el ensayo de flexión de la cantera Chucuito.*

Grupos de control	Distancia entre apoyos (cm)	Lectura del dial (N)	Resistencia a flexión R(Mpa)	Resistencia a flexión fo(kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio fo(kgf/cm <sup>2</sup> )
AP-1	30	2060	0.4879	4.98	
AP-2	30	2050	0.4855	4.95	
AP-3	30	2080	0.4926	5.02	5.01
AP-4	30	2100	0.4974	5.07	
-	-	-	-	-	
AP-1 + 25%VE	30	2130	0.5045	5.14	
AP-2 + 25%VE	30	2100	0.4974	5.07	
AP-3 + 25%VE	30	2270	0.5376	5.48	5.26
AP-4 + 25%VE	30	2220	0.5258	5.36	
-	-	-	-	-	
AP-1 + 50%VE	30	2570	0.6087	6.21	
AP-2 + 50%VE	30	2640	0.6253	6.38	
AP-3 + 50%VE	30	2750	0.6513	6.64	6.25
AP-4 + 50%VE	30	2390	0.5661	5.77	
-	-	-	-	-	
AP-1 + 75%VE	30	1820	0.4311	4.40	
AP-2 + 75%VE	30	2020	0.4784	4.88	
AP-3 + 75%VE	30	1750	0.4145	4.23	4.68
AP-4 + 75%VE	30	2150	0.5092	5.19	

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

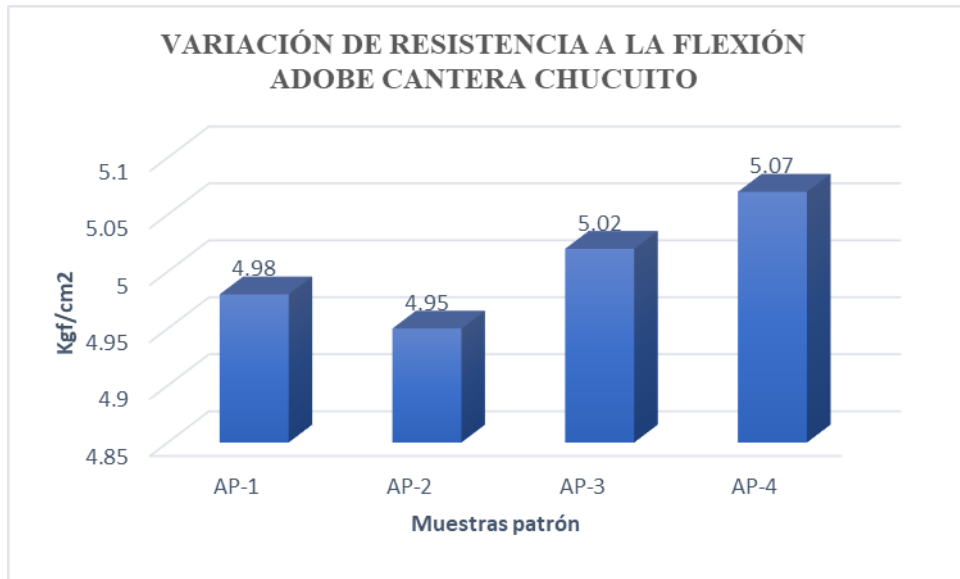
Esta tabla 55 muestra resultados de ensayo de flexión promedio para muestra patrón, AP + 25%VE, AP + 50%VE y AP + 75%VE son 5.01 kgf/cm<sup>2</sup>, 5.26 kgf/cm<sup>2</sup>, 6.25 kgf/cm<sup>2</sup> y 4.68 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los resultados obtenidos se deduce que para las muestras adicionadas al 75% con virutas de eucalipto, la resistencia a la flexión disminuye.



A continuación, se representa las figuras y su variación según los porcentajes adicionados.

### Figura 95

*Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón Chucuito.*

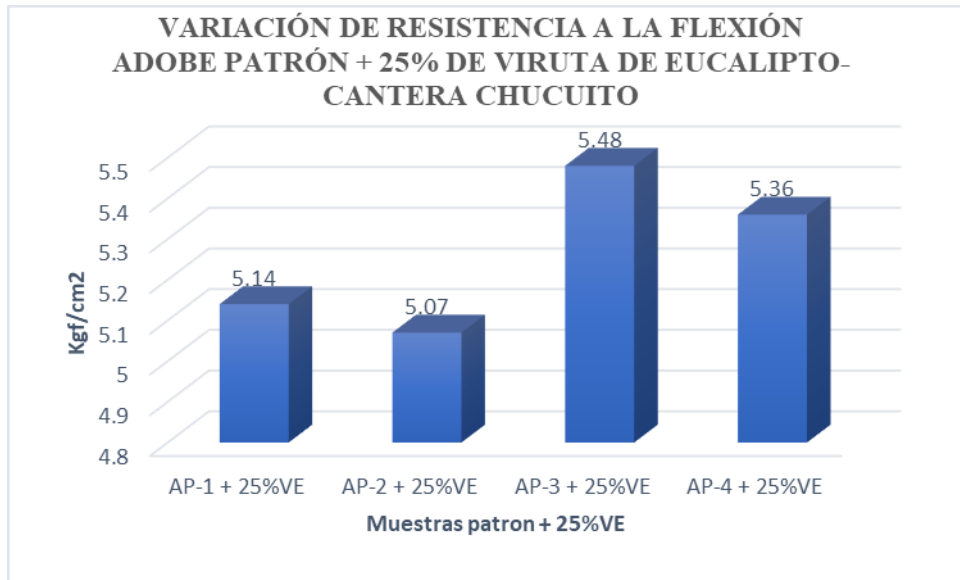


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se visualiza la gama de valores para ensayo de flexión para adobe patrón cantera sur, el cual tiene un mínimo de 4.98 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 4.95 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 5.01 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 96**

*Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 25% de viruta de eucalipto cantera Chucuito.*

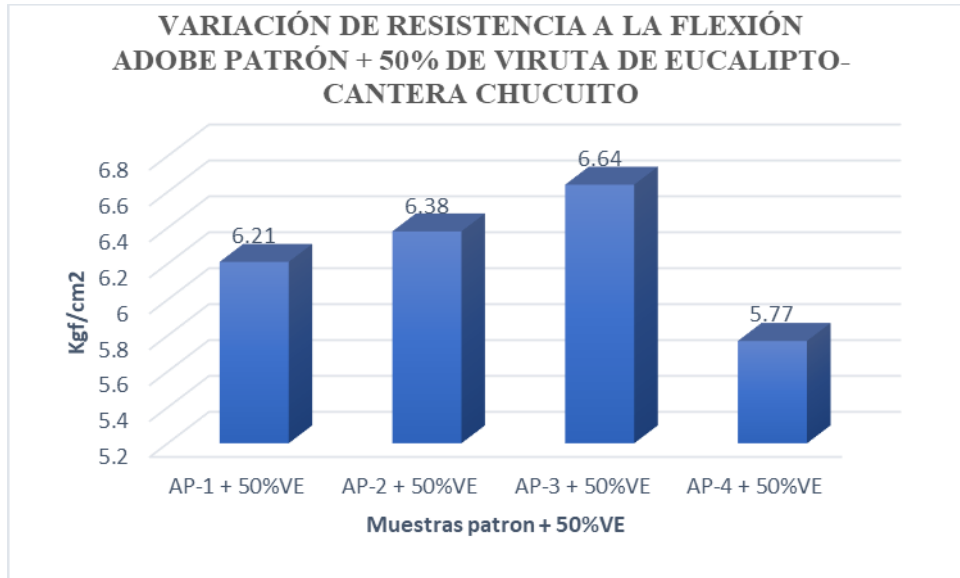


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se visualiza la gama de valores para ensayo de flexión para el adobe patrón + 25% viruta de eucalipto para la cantera sur, el cual con esta adición tiene un mínimo de 5.07 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 5.48 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 5.26 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 97**

*Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 50% de viruta de eucalipto cantera Chucuito.*

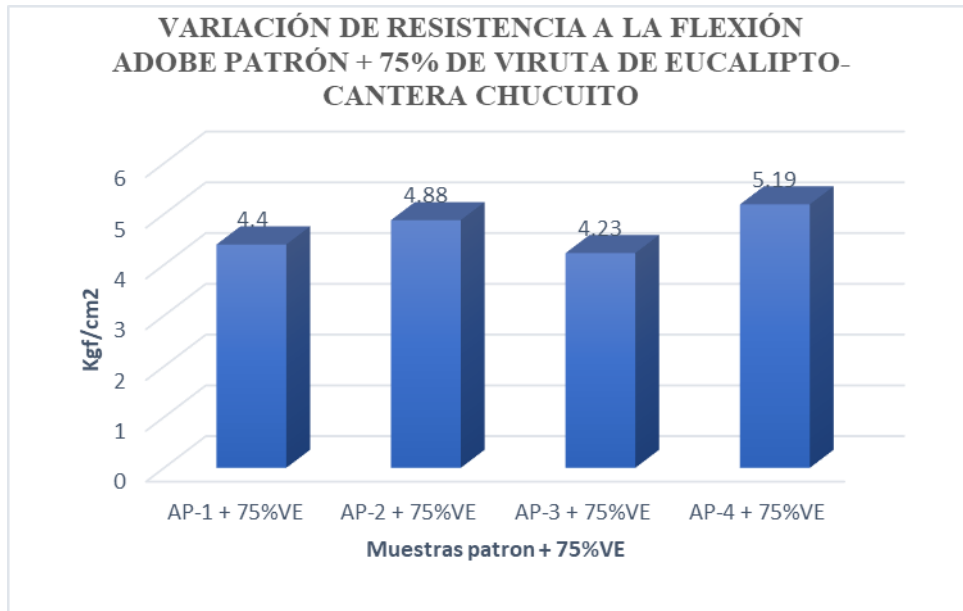


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se visualiza la gama de valores para ensayo de flexión para el adobe patrón + 50% viruta de eucalipto para la cantera sur, el cual con esta adición tiene un mínimo de 5.77 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 6.64 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 6.25 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 98**

*Resistencias últimas en ensayo de flexión del adobe patrón + 75% de viruta de eucalipto cantera Chucuito.*



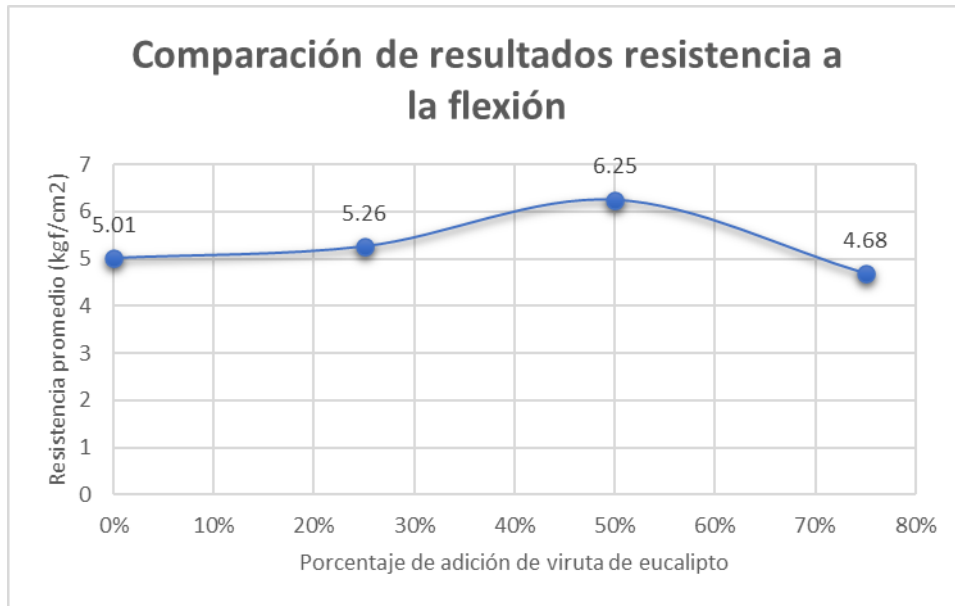
Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se visualiza la gama de valores para ensayo de flexión para el adobe patrón + 75% viruta de eucalipto para la cantera sur, el cual con esta adición tiene un mínimo de 4.23 kgf/cm<sup>2</sup> y un máximo de 5.19 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos se obtienen promedio de 4.68 kgf/cm<sup>2</sup>. Con los datos obtenidos se puede ver que en esta adición se reduce la resisitencia a la flexion.

A continuación se muestra un gráfico de los promedios respecto la adición progresiva que se tiene es el siguiente grafico.

### Figura 99

*Resistencia promedio a flexión VS incorporación de viruta de eucalipto en cantera Chucuito*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

En la figura 94 se valores promedio obtenidos en el ensayo de flexión se observa el incremento progresivo según se va adicionando el porcentaje de virutas de eucalipto. Teniendo resultados que se venían incrementando según se añadía más porcentaje de virutas hasta en un 50% respecto al peso de la paja siendo este el valor más alto, y luego comienza a disminuir para porcentajes mayores a 50%, tal como se visualiza en el gráfico.

#### 4.1.6 Confrontación de la propiedad mecánica de ensayo de flexión del adobe

**Tabla 56**

*Confrontación de propiedades mecánicas de ensayo de flexión cantera Chupa.*

		Resultados de resistencia a flexión			
		AP	AP+25%	AP+50%	AP+75%
Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	promedio	5.19	6.37	6.73	5.4

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se puede observar que respecto a un adobe tradicional estabilizado con paja (AP), tiene un valor inferior mientras que un adobe añadido virutas de eucalipto tiene resultados mayores respecto al adobe patrón, hasta la adición del 50% sin embargo esto se va reduciendo conforme se va añadiendo más porcentaje.

**Tabla 57**

*Confrontación de propiedades mecánicas de ensayo de flexión cantera*

*Chucuito.*

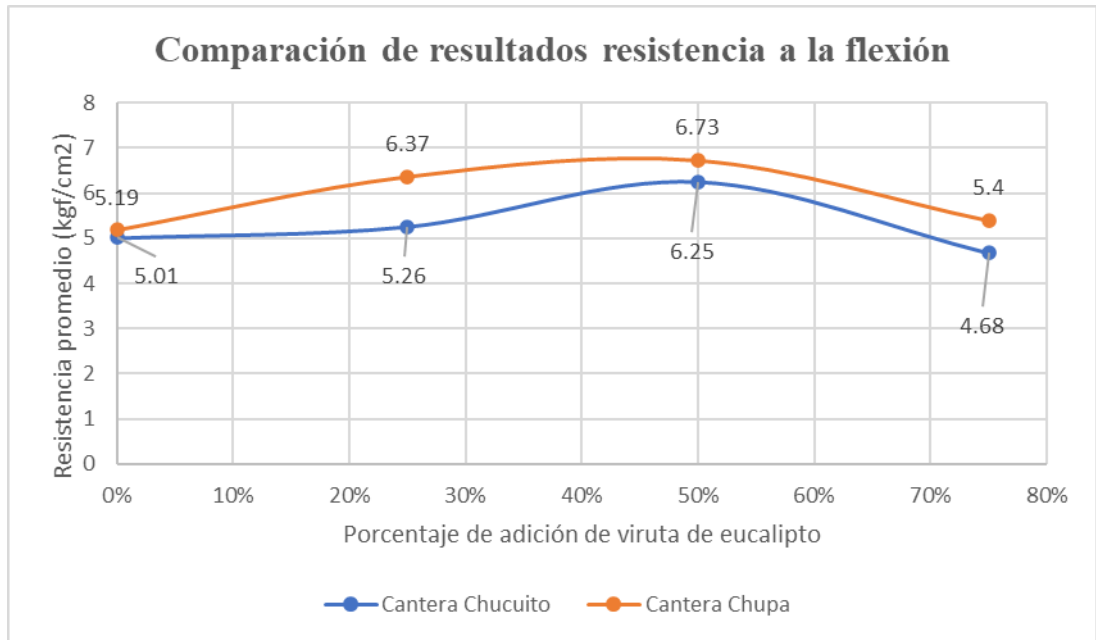
		Resultados de resistencia a flexión			
		AP	AP+25%	AP+50%	AP+75%
Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	promedio	5.01	5.26	6.25	4.68

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Se puede observar que respecto a un adobe tradicional estabilizado con paja (AP), tiene un valor inferior mientras que un adobe añadido virutas de eucalipto tiene resultados mayores respecto al adobe patrón, hasta la adición del 50% sin embargo esto se va reduciendo conforme se va añadiendo más porcentaje tal como se precia en la tabla anterior.

**Figura 100**

*Confrontación de resultados promedio de ensayo de flexión ambas zonas de estudio.*



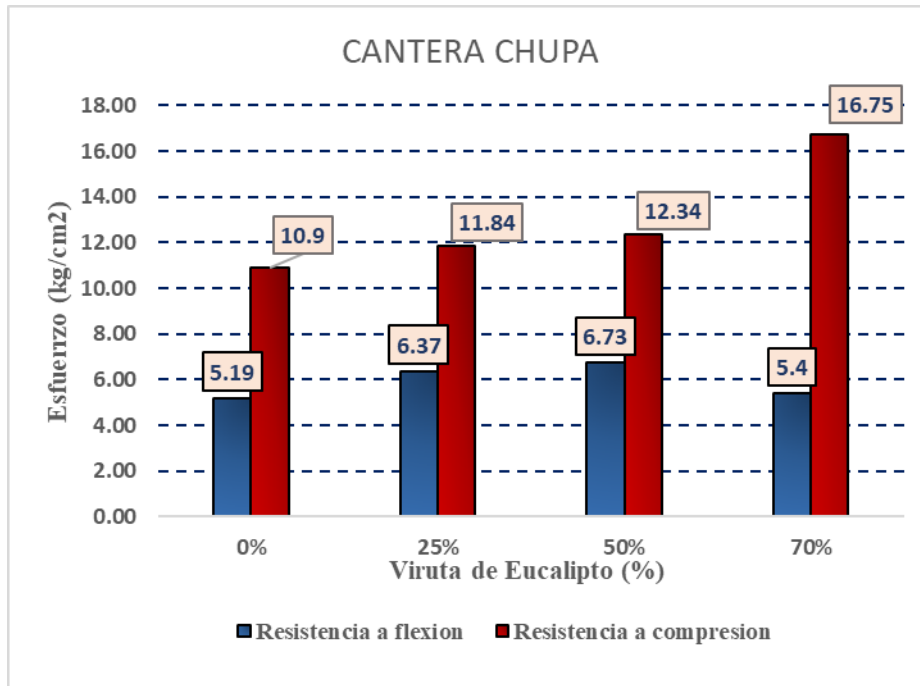
Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

#### **4.1.7 Comparación entre las propiedades mecánicas de ensayo de compresión y flexión del adobe con virutas de eucalipto**

Existe una relación entre el ensayo de compresión y flexión. Las cuales se muestran en los gráficos siguientes.

**Figura 101**

*Ensayo de compresión vs. Ensayo de flexión para cantera Chupa.*



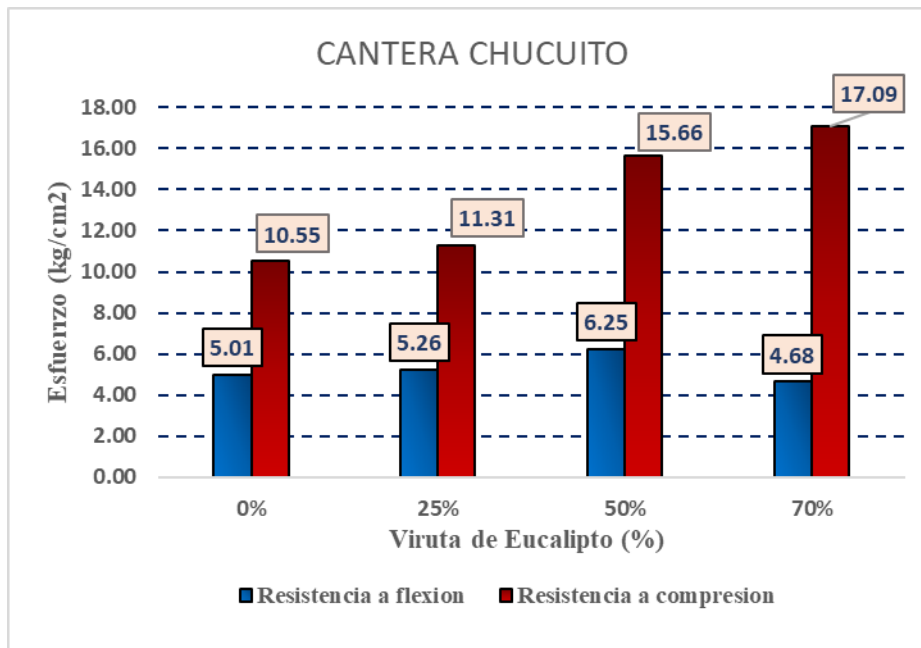
Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

En la imagen, que ilustra la conexión gráfica entre las pruebas de ensayo de compresión y flexión realizadas en la cantera de Chupa, se puede observar que la ensayo a compresión ha mejorado mucho más que la prueba a flexión.



**Figura 102**

*Ensayo de compresión vs. Ensayo de flexión para cantera chupa.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

En la imagen, que ilustra la conexión gráfica entre las pruebas de ensayo de compresión y flexión realizadas en la cantera de Chucuito, se puede observar que la ensayo a compresión ha mejorado mucho más que la prueba a flexión.

#### **4.1.8 Resultados de ensayo dinámico para modelos a escala 1/10.**

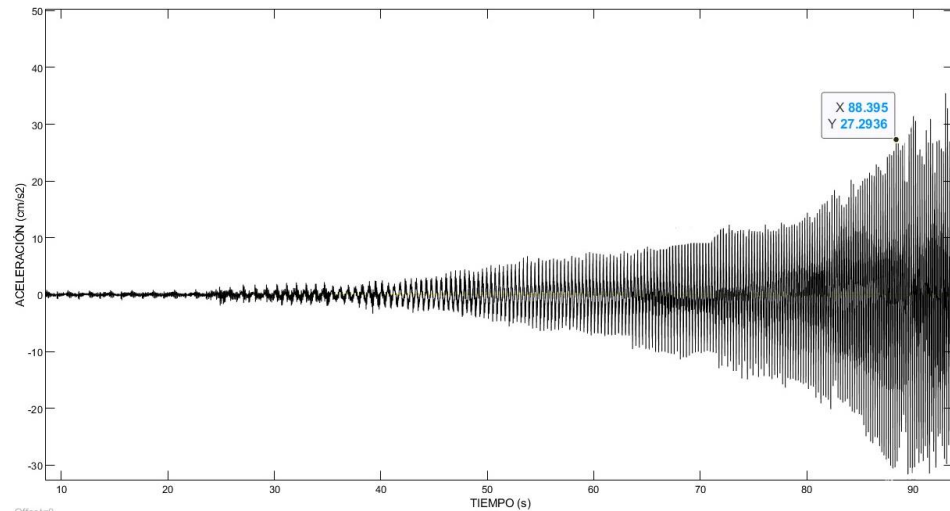
En este ensayo dinámico de modelos a escala con adobes patrón y adobes adicionados con viruta de eucalipto, muestran gráficos de aceleraciones máximas registradas durante el ensayo.

##### **4.1.8.1 Aceleraciones máximas registradas en ensayo dinámico para el modelo a escala**

Se muestra la aceleración máxima del modelo a escala para la cantera Chupa.

### Figura 103

*Se muestra la variación de las aceleraciones de modelo adobe patrón cantera Chupa.*

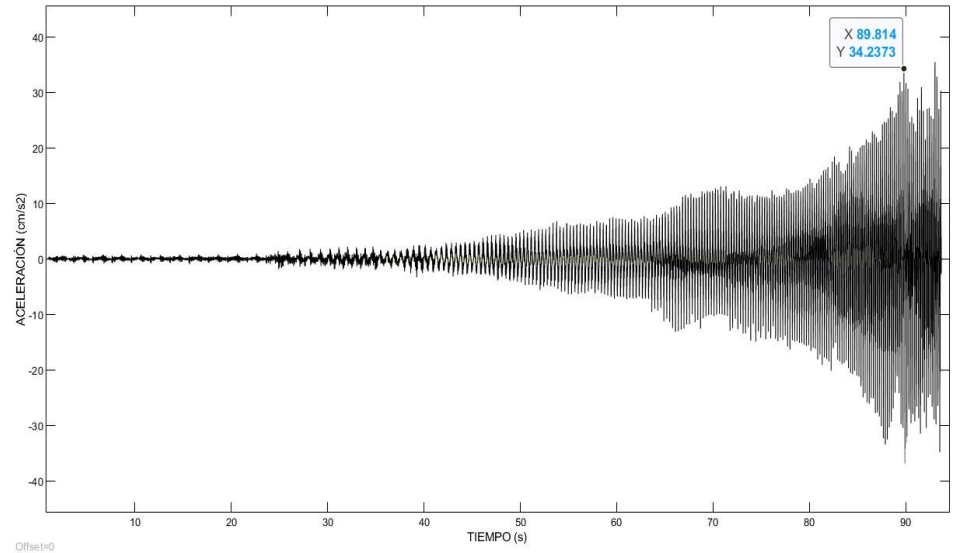


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

La figura muestra la aceleración (eje y) vs el tiempo (eje x), se tiene la aceleración máxima de 27.29 cm/s<sup>2</sup>, en un tiempo de 88.39 segundos, estos resultados son para el modelo a escala de adobes patrón para la cantera Chupa.

### Figura 104

*Se muestra la variación de las aceleraciones de modelo AP+50% VE cantera Chupa.*



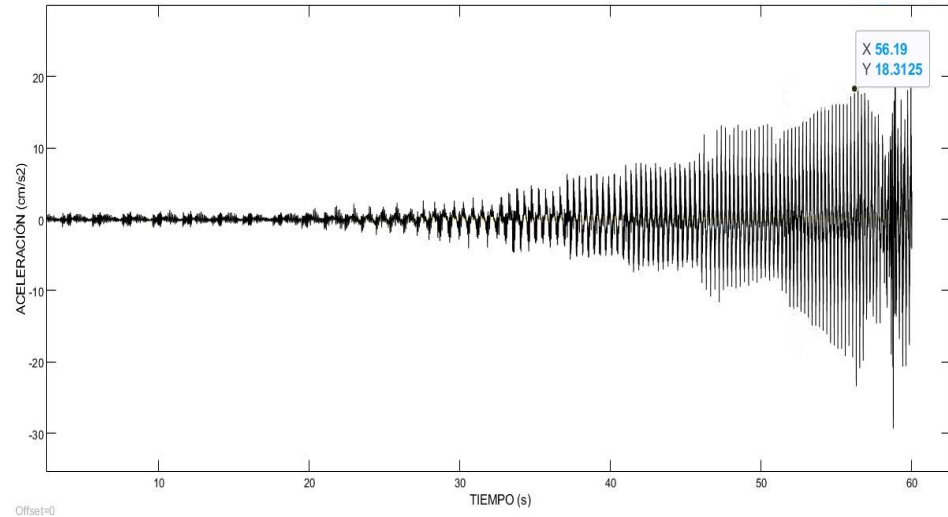
Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

La figura muestra la aceleración (eje y) vs el tiempo (eje x) de la imagen anterior se desprende la aceleración máxima de 34.23 cm/s<sup>2</sup>, en un tiempo de 89.81 segundos, estos resultados son para el modelo a escala de adobes con adición más 50% de virutas de eucalipto para la cantera Chupa.

Se muestra la aceleración máxima del modelo a escala para la cantera Chucuito.

### Figura 105

*Se muestra la variación de las aceleraciones de modelo adobe patrón cantera Chucuito.*

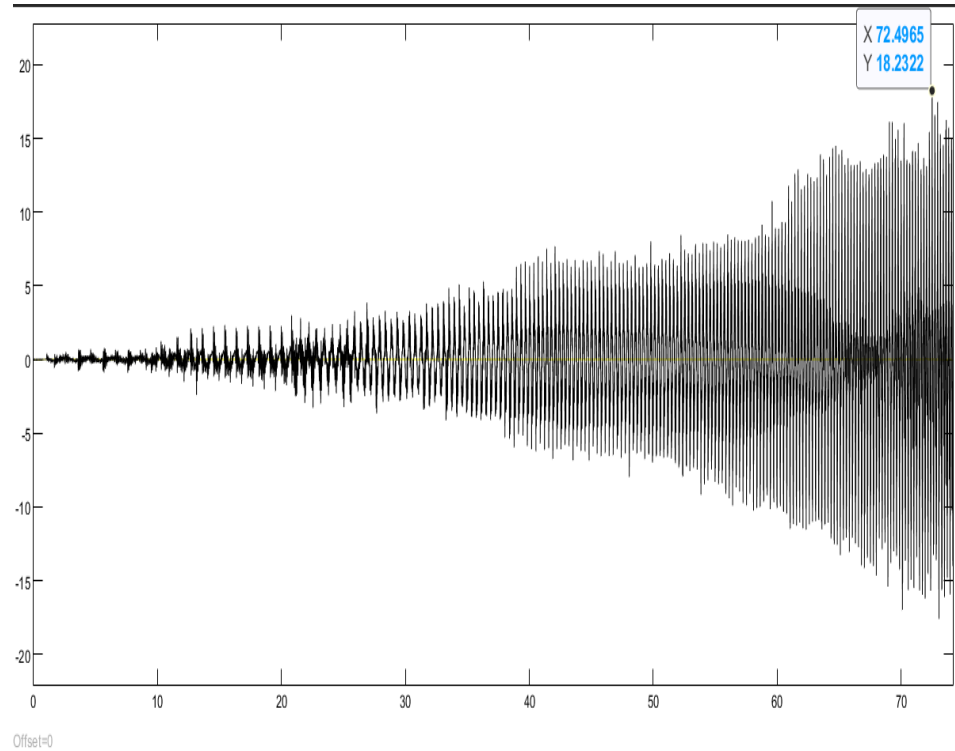


Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

La figura muestra la aceleración (eje y) vs el tiempo (eje x) de la figura se desprende la aceleración máxima de 18.31 cm/s<sup>2</sup>, en un tiempo de 56.19 segundos, estos resultados son para el modelo a escala de adobes patrón para la cantera Chucuito.

### Figura 106

*Se muestra la variación de las aceleraciones de modelo AP+50% VE cantera Chucuito.*



Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

La figura muestra la aceleración (eje y) vs el tiempo (eje x) de la figura anterior se desprende la aceleración máxima de 18.23 cm/s<sup>2</sup>, en un tiempo de 72.49 segundos, estos resultados son para el modelo a escala de adobes con adición más 50% de virutas de eucalipto para la cantera Chucuito.

De los resultados obtenidos se tiene la comparación de entre la aceleración sísmica y la escala de Richter.

**Tabla 58***Valores de aceleración sísmica en modelos a escala.*

	Modelo 1 adobe patrón cantera Chupa	Modelo 2 adobe patrón + 50% de adición de virutas de eucalipto cantera Chupa	Modelo 1 adobe patrón cantera Chucuito	Modelo 2 adobe patrón + 50% de adición de virutas de eucalipto cantera Chucuito
Aceleración sísmica Máxima (cm/s <sup>2</sup> )	27.29	34.23	18.31	18.23

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Estas aceleraciones que se obtuvieron se deben llevar a escala real y a aceleración sísmica para poder realizar las comparaciones respectivas.

**Tabla 59***Valores de aceleración sísmica en modelos a escala real.*

	Modelo 1 adobe patrón cantera Chupa	Modelo 2 adobe patrón + 50% de adición de virutas de eucalipto cantera Chupa	Modelo 1 adobe patrón cantera Chucuito	Modelo 2 adobe patrón + 50% de adición de virutas de eucalipto cantera Chucuito
Aceleración sísmica Máxima (g)	0.2729	0.3423	0.1831	0.1823

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

La siguiente tabla ilustra las similitudes y diferencias entre los modelos de tamaño natural de la escala de Richter y la escala de Mercalli.

**Tabla 60**

*Descripción del terremoto, incluida la mayor aceleración y su relación con la escala.*

		Modelo 1 adobe patrón cantera Chupa	Modelo 2 adobe patrón + 50% de adición de virutas de eucalipto cantera Chupa	Modelo 1 adobe patrón cantera Chucuito	Modelo 2 adobe patrón + 50% de adición de virutas de eucalipto cantera Chucuito
aceleración Máxima (g)		0.2729	0.3423	0.1831	0.1823
Escala	Escala	VII	VIII	VII	VII
Escala Mercalli	Percepción	Muy fuerte	Severo	Muy fuerte	Muy fuerte
i	Daño	Moderado	Moderado a fuerte	Moderado	Moderado
Escala de Richter		5.5 - 6.1	6.1 - 6.7	5.5 - 6.1	5.5 - 6.1

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

De acuerdo a la tabla mostrada anteriormente se puede evidenciar que a estas escalas las construcciones realizadas en base a adobe tienen un colapso inminente.

## 4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS - CONTRASTACIÓN

En este apartado, presentamos las pruebas de hipótesis para ensayo a compresión, ensayo a flexión y comportamiento sísmico entre un ambiente rural de la región investigada y otro ambiente creado con adobe mezclado con virutas de eucalipto, utilizando modelos a escala. La comparación se realizó entre los ambientes experimental.

### 4.2.1 Ensayo a compresión

Tenemos la apreciación de hipótesis nulas, las hipótesis alternativas y la deducción que se llegó para el grupo de control en el caso de la prueba básica de

ensayo a compresión. Estas interpretaciones se basan en los datos recopilados en el Anexo mediante Minitab.

## CANTERA CHUPA

### a) Prueba de normalidad

Con la herramienta de programa Minitab se verifica la normalidad de los datos de la variable de ensayo a compresión, utilizando el test de Shapiro-Wilk, el más adecuado para muestra igual o inferior a 30.

**Tabla 61**

*Valores de aceleración sísmica en modelos a escala real.*

Muestra	Tipo de variable	Escala	Estadístico
4	Cuantitativo	Razón	Shapiro - Wilk

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

### b) Prueba estadística

Shapiro-Wilk (para muestras  $n \leq 30$ )

Hipótesis estadísticas

- $H_0$ : Si existe distribución normal de los datos
- $H_1$ : No existe distribución normal de los datos

Regla de decisión

- Si **P- valor**  $\leq 0.05$ , rechace la hipótesis nula.
- Si **P- valor**  $> 0.05$ , no rechace la hipótesis nula.



**Tabla 62**

*Valores de aceleración sísmica en modelos a escala real.*

Descripción	Shapiro-Wilk			Decisión
	Estadístico	gl	Sig. (p-valor)	
AP + 0%	0.929	4	0.588*	Distribución normal
AP + 25%	0.911	4	0.487*	Distribución normal
AP + 50%	0.902	4	0.441*	Distribución normal
AP + 75%	0.943	4	0.674*	Distribución normal

Nota: AP=Adobe patrón. Los datos de resultados la prueba de laboratorio (Véase en el ANEXO).

Fuente: Extraído del Programa Minitab. \*p-valor >0.05

### c) Interpretación y decisión

Se analiza para muestras de adobe con 0% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor: 0.588>0.05).

Para las muestras de adobe con 25% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor: 0.487>0.05).

Para las muestras de adobe con 50% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor: 0.441>0.05).

Para las muestras de adobe con 75% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor: 0.674>0.05).

La significancia de los datos de la variable resistencia a compresión de 0.0%, 25%, 50% y 75% son mayores a 0.05 entonces se rechaza  $H_1$  y se acepta  $H_0$ ; por tanto, los datos si tienen una distribución normal con un nivel de significancia de 5%.

Prueba ANOVA

### d) Hipótesis estadísticas

$H_0$ : Las virutas de eucalipto no influye significativamente en ensayo a compresión de muestras de adobe.

$H_1$ : Las virutas de eucalipto influye significativamente en ensayo a compresión de muestras de adobe.

### Tabla 63

*Información del factor cantera Chupa.*

Factor	Niveles	Valores
Factor	4	0%, 25%, 50%, 75%

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Nota: El factor tiene 4 niveles identificados como 0%, 25%, 50% y 75%.

### Tabla 64

*Información del factor cantera Chupa.*

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig. (p-valor)
Entre muestras	3	123.893	41.2975	81.05	0.00000003
Dentro de muestras	12	6.114	0.5095		
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>130.007</b>			

Nota: Se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) adaptado del programa

Minitab. Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

#### e) Interpretación y decisión

**Decisión:** Como p valor en ambas canteras Chupa es menor que p-valor ( $0.00000003 < 0.05$ ) respectivamente, entonces se rechaza la hipótesis nula.

**Conclusión:** se obtuvo una significancia del 5%, al menos un porcentaje de adición de virutas de eucalipto acrecienta de manera diferente el ensayo a compresión del adobe. Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica N°01.

## CANTERA CHUCUITO

### a) Prueba de normalidad

Nuestra capacidad para verificar la normalidad de los datos de la variable de ensayo a compresión mediante la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk, que es la más adecuada para una muestra de treinta o menos, fue posible gracias a la utilización del programa informático Minitab.

### Tabla 65

*Valores de aceleración sísmica en modelos a escala real.*

Muestra	Tipo de variable	Escala	Estadístico
4	Cuantitativo	Razón	Shapiro - Wilk

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Prueba estadística

Shapiro-Wilk (para muestras  $n \leq 30$ )

Hipótesis estadísticas

- $H_0$ : Si existe distribución normal de los datos
- $H_1$ : No existe distribución normal de los datos

Regla de decisión

- Si **P- valor**  $\leq 0.05$ , rechace la hipótesis nula.
- Si **P- valor**  $> 0.05$ , no rechace la hipótesis nula.

**Tabla 66**

Valores de aceleración sísmica en modelos a escala real.

Descripción	Shapiro-Wilk			Decisión
	Estadístico	gl	Sig. (p-valor)	
AP + 0%	0.847	4	0.216*	Distribución normal
AP + 25%	0.959	4	0.770*	Distribución normal
AP + 50%	0.967	4	0.825*	Distribución normal
AP + 75%	0.966	4	0.818*	Distribución normal

Nota: AP=Adobe patrón. Los datos de resultados de pruebas de laboratorio (Véase en el ANEXO). Fuente: Extraído del Programa Minitab. \*p-valor >0.05

### b) Interpretación y decisión

Se analiza adobe con 0% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $0.216 > 0.05$ ).

Para las muestras de adobe con 25% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $0.770 > 0.05$ ).

Para las muestras de adobe con 50% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $0.825 > 0.05$ ).

Para las muestras de adobe con 75% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $0.818 > 0.05$ ).

La significancia de los datos de la variable resistencia a compresión de 0.0%, 25%, 50% y 75% son mayores a 0.05 entonces se rechaza  $H_1$  y se acepta  $H_0$ ; por tanto, los datos si tienen una distribución normal con un nivel de significancia de 5%.

Prueba ANOVA

### c) Hipótesis estadísticas

**$H_0$ :** Las virutas de eucalipto no influye significativamente en ensayo a compresión de las muestras de adobe.

**$H_1$ :** Las virutas de eucalipto influye significativamente en ensayo a compresión de las muestras de adobe.

### Tabla 67

*Información del factor cantera Chucuito.*

Factor	Niveles	Valores
Factor	4	0%, 25%, 50%, 75%

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Nota: El factor tiene 4 niveles identificados como 0%, 25%, 50% y 75%.

### Tabla 68

*Información del factor cantera Chucuito.*

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig. (p-valor)
Entre las muestras	3	81.081	27.0269	71.99	0.00000006
Dentro de las muestras	12	4.505	0.3754		
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>85.585</b>			

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Nota: Se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyen los grados de libertad para el factor y el error, así como los valores ajustados para la suma de cuadrados (SC), la media de cuadrados (MC), el valor F y el valor p.

**Decisión:** Como p valor en ambas canteras Chupa y Chucuito es menor que p-valor ( $0.00000006 < 0.05$ ) respectivamente, entonces se rechaza la hipótesis nula.

**Conclusión:** Con una significancia del 5%, al menos un porcentaje de adición de virutas de eucalipto acrecienta de manera diferente el ensayo a compresión simple del adobe. Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica N°01.

#### 4.2.2 Resistencia a la flexión

En el caso de la prueba de resistencia a la flexión, tenemos las interpretaciones de las hipótesis nulas, las hipótesis alternativas y la conclusión a la que se llegó para el grupo de control. Estas interpretaciones se basan en los datos recopilados en el anexo mediante Minitab.

### CANTERA CHUPA

#### a) Prueba de normalidad

El uso de programa Minitab permitió verificar la normalidad de los datos de la variable de ensayo a flexión, utilizando el test de Shapiro-Wilk, el más adecuado para muestra igual o inferior a 30.

#### Tabla 69

*Datos para la prueba de normalidad.*

Muestra	Tipo de variable	Escala	Estadístico
4	Cuantitativo	Razón	Shapiro - Wilk

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Prueba estadística

Shapiro-Wilk (para muestras  $n \leq 30$ )

Hipótesis estadísticas

- $H_0$ : Si existe distribución normalidad de los datos

- $H_1$ : No existe distribución normalidad de los datos
- Regla de decisión
- Si **P-valor**  $\leq 0.05$ , rechace la hipótesis nula.
  - Si **P-valor**  $> 0.05$ , no rechace la hipótesis nula.

**Tabla 70**

*Prueba de normalidad.*

Descripción	Shapiro-Wilk			Decisión
	Estadístico	gl	Sig. (p-valor)	
AP + 0%	0.981	4	0.908*	Distribución normal
AP + 25%	0.820	4	0.143*	Distribución normal
AP + 50%	0.906	4	0.464*	Distribución normal
AP + 75%	0.942	4	0.666*	Distribución normal

Nota: AP=Adobe patrón. Los datos de resultados del pruebas de laboratorio (Véase en el ANEXO). Fuente: Extraído del Programa Minitab. \*p-valor  $>0.05$

#### **b) Interpretación y decisión**

Para las muestras de adobe con 0% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $0.908 > 0.05$ ).

Para las muestras de adobe con 25% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $0.143 > 0.05$ ).

Para las muestras de adobe con 50% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $0.464 > 0.05$ ).

Para las muestras de adobe con 75% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $0.666 > 0.05$ ).

La significancia de los datos de la variable resistencia a compresión de 0.0%, 25%, 50% y 75% son mayores a 0.05 entonces se rechaza  $H_1$  y se acepta  $H_0$ ; por tanto, los datos si tienen una distribución normal con un nivel de significancia de 5%.

Prueba ANOVA

**c) Hipótesis estadísticas**

**$H_0$ :** Las virutas de eucalipto no influye significativamente en ensayo a flexión de las muestras de adobe.

**$H_1$ :** Las virutas de eucalipto influye significativamente en ensayo a flexión de las muestras de adobe.

**Tabla 71**

*Información del factor cantera Chupa.*

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Valores</b>
Factor	4	0%, 25%, 50%, 75%

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Nota: El factor tiene 4 niveles identificados como 0%, 25%, 50% y 75%.



**Tabla 72***Información del factor cantera Chupa.*

<b>Fuente</b>	<b>gl</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig. (p-valor)</b>
Factor	3	1586.40	528.800	65.01	0.0000001
Error	12	97.62	8.135		
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>1684.02</b>			

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Nota: Se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyen los grados de libertad para el factor y el error, así como los valores ajustados para la suma de cuadrados (SC), la media de cuadrados (MC), el valor F y el valor p.

**Decisión:** Como p valor en ambas canteras Chupa es menor que p-valor ( $0.0000001 < 0.05$ ) respectivamente, entonces se rechaza la hipótesis nula.

**Conclusión:** Con una significancia del 5%, al menos un porcentaje de adición de viruta de eucalipto incrementa de manera diferente en ensayo a flexión del adobe. Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica N°02.

## CANTERA CHUCUITO

### a) Prueba de normalidad

Nuestra capacidad para verificar la normalidad de los datos de la variable de ensayo a flexión mediante la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk, que es la más adecuada para una muestra de treinta o menos, fue posible gracias a la utilización del programa informático Minitab.

**Tabla 73**

*Datos para la prueba de normalidad.*

Muestra	Tipo de variable	Escala	Estadístico
4	Cuantitativo	Razón	Shapiro - Wilk

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Prueba estadística

Shapiro-Wilk (para muestras  $n \leq 30$ )

Hipótesis estadísticas

- $H_0$ : Si existe distribución normal de los datos
- $H_1$ : No existe distribución normal de los datos

Regla de decisión

- Si **P- valor**  $\leq 0.05$ , rechace la hipótesis nula.
- Si **P- valor**  $> 0.05$ , no rechace la hipótesis nula.

**Tabla 74**

*Prueba de normalidad – cantera Chucuito.*

Descripción	Shapiro-Wilk			Decisión
	Estadístico	gl	Sig. (p-valor)	
AP + 0%	0.964	4	0.804*	Distribución normal
AP + 25%	0.934	4	0.618*	Distribución normal
AP + 50%	0.980	4	0.902*	Distribución normal
AP + 75%	0.941	4	0.663*	Distribución normal

Nota: AP=Adobe patrón. Los datos de resultados de las pruebas de laboratorio (Véase en el ANEXO). Fuente: Extraído del Programa Minitab. \*p-valor  $>0.05$

## b) Interpretación y decisión

Para las muestras de adobe con 0% de virutas de eucalipto:



- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $0.298 > 0.05$ ).

Para las muestras de adobe con 25% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $0.878 > 0.05$ ).

Para las muestras de adobe con 50% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $1.00 > 0.05$ ).

Para las muestras de adobe con 75% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor:  $1.00 > 0.05$ ).

La significancia de los datos de la variable resistencia a compresión de 0.0%, 25%, 50% y 75% son mayores a 0.05 entonces se rechaza  $H_1$  y se acepta  $H_0$ ; por tanto, los datos si tienen una distribución normal con un nivel de significancia de 5%.

Prueba ANOVA

### c) Hipótesis estadísticas

**$H_0$ :** Las virutas de eucalipto no influye significativamente en ensayo a flexión de las muestras de adobe.

**$H_1$ :** Las virutas de eucalipto influye significativamente en ensayo a flexión de las muestras de adobe.

**Tabla 75***Información del factor cantera Chucuito.*

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Valores</b>
Factor	4	0%, 25%, 50%, 75%

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Nota: El factor tiene 4 niveles identificados como 0%, 25%, 50% y 75%.

**Tabla 76***Información del factor cantera Chucuito.*

<b>Fuente</b>	<b>gl</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig. (p-valor)</b>
Factor	3	531.7	177.248	20.03	0.00006
Error	12	106.2	8.849		
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>637.9</b>			

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Nota: Se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyen los grados de libertad para el factor y el error, así como los valores ajustados para la suma de cuadrados (SC), la media de cuadrados (MC), el valor F y el valor p.

**Decisión:** Como p valor en ambas canteras Chucuito es menor que  $\alpha$  ( $0.00006 < 0.05$ ) respectivamente, entonces se rechaza la hipótesis nula.

**Conclusión:** Con una significancia del 5%, al menos un porcentaje de adición de viruta de eucalipto incrementa de manera diferente en ensayo a flexión del adobe. Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica N°02.

#### 4.2.3 Comportamiento sísmico

En el caso de la prueba de comportamiento sísmico de un entorno rural realizada con Adobe, tenemos las interpretaciones de las hipótesis nulas, las hipótesis alternativas y la conclusión a la que se llegó para el grupo de control.



Estas interpretaciones se basan en los datos recogidos en el Anexo mediante el uso de Minitab.

## CANTERA CHUPA

### a) Prueba de normalidad

Se empleo de programa Minitab permitió verificar la normalidad de los datos de la variable de comportamiento sísmico a la, utilizando el test de Shapiro-Wilk, el más adecuado para muestra igual o inferior a 30.

#### Tabla 77

*Datos para la prueba de normalidad – cantera Chupa.*

Muestra	Tipo de variable	Escala	Estadístico
2	Cuantitativo	Razón	Shapiro - Wilk

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Prueba estadística

Shapiro-Wilk (para muestras  $n \leq 30$ )

Hipótesis estadísticas

- $H_0$ : Si existe distribución normal de los datos
- $H_1$ : No existe distribución normal de los datos

Regla de decisión

- Si **P- valor**  $\leq 0.05$ , rechace la hipótesis nula.
- Si **P- valor**  $> 0.05$ , no rechace la hipótesis nula.

**Tabla 78***Prueba de normalidad – Canteras Chupa.*

Descripción	Shapiro-Wilk			Decisión
	Estadístico	gl	Sig. (p-valor)	
AP + 0%	0.871	2	0.298*	Distribución normal
AP + 50%	0.796	2	0.356*	Distribución normal

Nota: AP=Adobe patrón. Los datos de resultados del ensayo de laboratorio (Véase en el ANEXO). Fuente: Extraído del Programa Minitab. \*p-valor >0.05

**b) Interpretación y decisión**

Para las muestras de adobe con 0% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor: 0.298 > 0.05).

Para las muestras de adobe con 50% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor: 0.356 > 0.05).

La significancia de los datos de la variable resistencia a compresión de 0.0%, 25%, 50% y 75% son mayores a 0.05 entonces se rechaza  $H_1$  y se acepta  $H_0$ ; por tanto, los datos si tienen una distribución normal con un nivel de significancia de 5%.

Prueba ANOVA

**c) Hipótesis estadísticas**

$H_0$ : Las virutas de eucalipto no influye significativamente en el comportamiento frente a un evento sísmico en un ambiente rural.

$H_1$ : Las virutas de eucalipto influye significativamente en el comportamiento frente a un evento sísmico en un ambiente rural.

**Tabla 79***Información del factor cantera Chupa.*

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Valores</b>
Factor	2	Aceleración 1, aceleración 2

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Nota: El factor tiene 2 niveles identificados como aceleración 1 y aceleración 2.

**Tabla 80***Información del factor cantera Chupa.*

<b>Fuente</b>	<b>gl</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig. (p-valor)</b>
Factor	1	4.30	4.300	0.04	0.839
Error	16	1607.13	100.446		
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>1611.43</b>			

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Nota: Se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyen los grados de libertad para el factor y el error, así como los valores ajustados para la suma de cuadrados (SC), la media de cuadrados (MC), el valor F y el valor p.

**Decisión:** Como p valor en ambas canteras Chupa y Chucuito es mayor que  $\alpha$  ( $0.839 > 0.05$  y  $0.805 > 0.05$ ) respectivamente, entonces se acepta la hipótesis nula.

**Conclusión:** Con una significancia del 5%, No hay mejora significativa de desempeño del comportamiento frente a un evento sísmico con la influencia de los porcentajes de adición de virutas de eucalipto en un ambiente rural, ya que la relación entre la aceleración y el tiempo es inversamente proporcional, sin embargo, numéricamente se tiene que para la vivienda mejorada con virutas de

eucalipto requiere mayor aceleración para el mismo periodo de duración que la vivienda construida con adobe patrón, se rechaza la hipótesis específica N°03.

## CANTERA CHUPA

### a) Prueba de normalidad

Nuestra capacidad para verificar la normalidad de los datos de la variable de resistencia mediante la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk, que es la más adecuada para una muestra de treinta o menos, fue posible gracias a la utilización del programa informático Minitab.

**Tabla 81**

*Datos para la prueba de normalidad – cantera Chupa.*

Muestra	Tipo de variable	Escala	Estadístico
2	Cuantitativo	Razón	Shapiro - Wilk

Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

Prueba estadística

Shapiro-Wilk (para muestras  $n \leq 30$ )

Hipótesis estadísticas

- $H_0$ : Si existe distribución normal de los datos
- $H_1$ : No existe distribución normal de los datos

Regla de decisión

- Si **P- valor**  $\leq 0.05$ , rechace la hipótesis nula.
- Si **P- valor**  $> 0.05$ , no rechace la hipótesis nula.



**Tabla 82**

*Prueba de normalidad – cantera Chupa.*

Descripción	Shapiro-Wilk			Decisión
	Estadístico	gl	Sig. (p-valor)	
AP + 0%	0.906	4	0.464*	Distribución normal
AP + 50%	0.942	4	0.566*	Distribución normal

Nota: AP=Adobe patrón. Los datos de resultados del ensayo de laboratorio (Véase en el ANEXO). Fuente: Extraído del Programa Minitab. \*p-valor >0.05

### b) Interpretación y decisión

Para las muestras de adobe con 0% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor: 0.298 > 0.05).

Para las muestras de adobe con 50% de virutas de eucalipto:

- La significancia no es menor de 0.05 (p-valor: 1.00 > 0.05).

La significancia de los datos de la variable resistencia a compresión de 0.0%, 25%, 50% y 75% son mayores a 0.05 entonces se rechaza  $H_1$  y se acepta  $H_0$ ; por tanto, los datos si tienen una distribución normal con un nivel de significancia de 5%.

Prueba ANOVA

### c) Hipótesis estadísticas

$H_0$ : Las virutas de eucalipto no influye significativamente en el comportamiento frente a un evento sísmico en un ambiente rural.

$H_1$ : Las virutas de eucalipto influye significativamente en el comportamiento frente a un evento sísmico en un ambiente rural.

**Tabla 83***Información del factor cantera Chucuito.*

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Aceleración 1, aceleración 2

Nota: El factor tiene 2 niveles identificados como aceleración 1 y aceleración 2. Fuente: Desarrollado mediante el equipo de investigación.

**Tabla 84***Información del factor cantera Chucuito.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	2.664	2.664	0.06	0.805
Error	13	544.246	41.865		
Total	14	546.910			

Nota: Se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyen los grados de libertad para el factor y el error, así como los valores ajustados para la suma de cuadrados (SC), la media de cuadrados (MC), el valor F y el valor p.

**Decisión:** Como p valor en ambas canteras Chupa y Chucuito es mayor que  $\alpha$  ( $0.839 > 0.05$  y  $0.805 > 0.05$ ) respectivamente, entonces se acepta la hipótesis nula.

**Conclusión:** Con una significancia del 5%, No hay mejora significativa de desempeño del comportamiento frente a un evento sísmico con la influencia de los porcentajes de adición de virutas de eucalipto en un ambiente rural, ya que la relación entre la aceleración y el tiempo es inversamente proporcional, sin embargo, numéricamente se tiene que para la vivienda mejorada con virutas de eucalipto requiere mayor aceleración para el mismo periodo de duración que la vivienda construida con adobe patrón, se rechaza la hipótesis específica N°03.

### 4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De ensayo a compresión simple

La investigación de (Márquez, 2018) tiene resultados de la resistencia a compresión (propiedades mecánicas) del adobe patrón y de los adobes con 1.5%, 3.0% y 4.5% adición de viruta, obteniendo la resistencia a compresión para el adobe patrón es de Adobe patrón 26.05 kg/cm<sup>2</sup>, adobe con adición 1.5% con una resistencia de 43.43 kg/cm<sup>2</sup>, adobe con adición 3.0% con una resistencia de 38.09 kg/cm<sup>2</sup> y adobe con adición 3.0% con una resistencia de 50.77 kg/cm<sup>2</sup>, Así mismo se muestra que los adobes estabilizados en la investigación de (Márquez, 2018) también aumentan su resistencia en un 67%, 46% y 95% respectivamente, superando así al adobe patrón. Como resultado, se ha demostrado que la incorporación de virutas al adobe tiene un efecto sobre la resistencia a compresión en comparación con el adobe normal.

En esta presente investigación se realizó el ensayo a compresión al adobe patrón y adobe adicionado con virutas de eucalipto con 25%, 50% y 75%. A continuación, mostraremos resultados para la cantera Chupa según la tabla 50, se tiene las resistencias promedio a compresión del adobe patrón es de 10.55 kg/cm<sup>2</sup>, adobe adicionado con 25% de virutas de eucalipto es de 11.31 kg/cm<sup>2</sup>, adobe adicionado con 50% de virutas de eucalipto es de 15.66 kg/cm<sup>2</sup>, adobe adicionado con 75% de virutas de eucalipto es de 17.09 kg/cm<sup>2</sup>.

Del mismo modo se tiene los resultados en zona Chucuito según la tabla 51 de la presente tesis, se tiene las resistencias promedio a compresión del adobe patrón es de 10.90 kg/cm<sup>2</sup>, adobe adicionado con 25% de virutas de eucalipto es de 11.84 kg/cm<sup>2</sup>, adobe adicionado con 50% de virutas de eucalipto es de 12.34 kg/cm<sup>2</sup>, adobe adicionado con 75% de virutas de eucalipto es de 16.75 kg/cm<sup>2</sup>.



Se los descrito anteriormente se puede apreciar el ensayo a compresión incrementa a medida que se va incrementando la adición de las virutas de eucalipto. De modo que para la cantera Chupa respecto del adobe patrón incrementa en 7.20% al 25% de adición de virutas, 48.44% al adicionar 50% de virutas de eucalipto y 61.99% al adicionar las virutas de eucalipto al 75%.

En cuanto a la cantera Chucuito se tiene que respecto al ensayo a compresión del adobe patrón, al adicionar en un 25% virutas de eucalipto incrementa su resistencia, 62% respecto del adobe patrón, 13.21% incrementa al aumentar 50% de virutas de eucalipto y 53.66% al adicionar 75% de virutas de eucalipto respecto del adobe patrón.

Se lo que se concluye que al adicionar virutas de eucalipto al adobe patrón la ensayo a compresión se incrementa, Por lo que se acepta la hipótesis.

(Carhuanambo, 2016) en su investigación obtiene los resultados de resistencia a flexión se puede observar que el adobe compactado con 4.5% adición de viruta aumenta en 28.92% la resistencia a flexión del adobe patrón debido al mayor porcentaje de viruta que contiene. En esta investigación de a medida que se incorporaba virutas de eucalipto en 1.5%, 3.0% y 4.5% se obtuvo resistencia a la flexión de 20.671 kg/cm<sup>2</sup>, 19.378 kg/cm<sup>2</sup> y 23.343 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Para el presente estudio se obtuvo resultados para las dos canteras en estudio, las cuales se muestran a continuación.

Cantera Chupa, se visualiza los resultados en la tabla 52, muestran las resistencias promedio de 4.00 kg/cm<sup>2</sup>, para el adobe patrón, para la adicción de virutas de eucalipto, 25%, 50% y 75% se obtuvo las resistencias a flexión de 6.11 kg/cm<sup>2</sup>, 6.73 kg/cm<sup>2</sup> y 5.40 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. En donde la resistencia a flexión máxima fue de 6.25 kg/cm<sup>2</sup>



para una adición de 50% Aumentando la resistencia a flexión hasta en un 68.25% respecto a la muestra patrón.

Cantera Chucuito, en la tabla 53 se muestra el resumen de cuándo se añadieron virutas de eucalipto al adobe estándar en porcentajes del 25%, 50% y 75%, Los resultados obtenidos para la resistencia a flexión del adobe estándar fueron de 5.01 kg/cm<sup>2</sup>. Cuando se añadieron virutas de eucalipto al adobe estándar en porcentajes del 25%, 50% y 75%, la resistencia a flexión del material llegó a 5.26 kg/cm<sup>2</sup>, 6.25 kg/cm<sup>2</sup> y 4.68 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. En donde la resistencia a flexión máxima fue de 6.25 kg/cm<sup>2</sup> para una adición de 50%, aumentado así en un 24.75 % respecto de la muestra patrón.

Del ensayo dinámico de simulación sísmica.

Según (Llunitassig & Siza, 2017) en el estudio realizado en los ensayos a compresión realizados a las muestras de adobe artesanal y el ensayo dinámico realizado a los modelos a escala nos permiten afirmar que la hipótesis planteada se cumple, ya que los estabilizadores utilizados incrementan la resistencia a compresión de los adobes artesanal es y el uso de un refuerzo de malla plástica en el modelo a escala mejora su comportamiento sísmico, permitiendo pasar de una estructura rígida a una estructura dúctil.

En la presente investigación realizada la adición de virutas de eucalipto en un 25%, 50% y 75% mejora la resistencia la compresión y en el ensayo dinámico realizado a los modelos a escala, respecto al modelo realizado con adobe patrón las fallas que se presentaron fueron menos dúctiles, siendo esta una estructura rígida, sin embargo en el modelo realizado con adobes adicionados 50% de virutas de eucalipto, la estructura fue más dúctil, frente a este ensayo dinámico que se realizó, con lo que se puede interpretar



a mayor aceleración sísmica y frecuencia la estructura tiene un desempeño sísmico más dúctil respecto al modelo realizado con adobes patrón.

## V. CONCLUSIONES

- La adición de virutas de eucalipto en el adobe en 0.00%, 25.00%, 50.00% y 75.00% tanto en términos de compresión simple, así como de flexión, deberían aumentar sus cualidades mecánicas. y en el comportamiento sísmico del adobe, sin embargo, su resistencia a la flexión disminuye con respecto al porcentaje de adición de viruta al 75.00%.
- La adición de virutas de eucalipto para la cantera Chupa en las proporciones de 0.00%, 25.00%, 50.00% y 75.00% en el adobe, mejora en ensayo a compresión simple en 0.00 kg/cm<sup>2</sup>, 0.77 kg/cm<sup>2</sup>, 5.12 kg/cm<sup>2</sup> y 6.54 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, con respecto a la muestra de adobe patrón, por otro lado, para la cantera Chucuito la adición de virutas de eucalipto en las proporciones de 0.00%, 25.00%, 50.00% y 75.00% en el adobe, mejora en ensayo a compresión simple en 0.00 kg/cm<sup>2</sup>, 0.95 kg/cm<sup>2</sup>, 1.44 kg/cm<sup>2</sup> y 5.86 kg/cm<sup>2</sup> correspondientemente, en comparación con la muestra de Adobe patrón, la adición de un 75,00% de virutas de eucalipto al adobe dio lugar a la obtención evidente del mejor rendimiento..

**Tabla 85**

*Cuadro de resumen de ensayo a compresión del adobe con las adiciones de 0%, 25%, 50% y 75% - cantera Chupa y Chucuito.*

Grupos de control	Cantera Chupa		Cantera Chucuito	
	Resistencia promedio a compresión fo(kg/cm <sup>2</sup> )	Incremento %	Resistencia promedio a compresión fo(kg/cm <sup>2</sup> )	Incremento %
AP	10.55	0.00%	10.90	0.00%
AP + 25% VE	11.91	12.89%	11.84	8.62%
AP + 50% VE	15.66	48.44%	12.34	13.21%
AP + 75% VE	17.09	61.99%	16.75	53.67%

Fuente: Elaborado por parte del equipo de investigación.

- La adición de virutas de eucalipto para la cantera Chupa en las proporciones de 0.00%, 25.00%, 50.00% y 75.00% en el adobe, mejora la resistencia a la flexión en 0.00 kg/cm<sup>2</sup>, 20.66 kg/cm<sup>2</sup>, 26.76 kg/cm<sup>2</sup> y 13.74 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, con respecto a la muestra de adobe patrón, por otro lado, para la cantera Chucuito la adición de virutas de eucalipto en las proporciones de 0.00%, 25.00%, 50.00% y 75.00% en el adobe, mejora la resistencia a la flexión en 0.00 kg/cm<sup>2</sup>, 2.55 kg/cm<sup>2</sup>, 12.20 kg/cm<sup>2</sup> y -3.26 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, con respecto a la muestra de adobe patrón, evidentemente el que mejor desempeño tuvo es la adición de viruta de eucalipto en un porcentaje de 50.00% en el adobe.

### Tabla 86

*Cuadro de resumen de resistencia a flexión del adobe con las adiciones de 0%, 25%, 50% y 75% - cantera Chupa y Chucuito.*

Grupos de control	Cantera Chupa		Cantera Chucuito	
	Resistencia promedio a flexión fo(kg/cm <sup>2</sup> )	Incremento %	Resistencia promedio a flexión fo(kg/cm <sup>2</sup> )	Incremento %
AP	4.00	0.00%	5.01	0.00%
AP + 25% VE	6.11	52.75%	5.26	4.99%
AP + 50% VE	6.73	68.25%	6.25	24.75%
AP + 75% VE	5.40	35.00%	4.68	-6.59%

Fuente: Elaborado por parte del equipo de investigación.

- Para la elaboración de los ambientes rurales a escala reducida se optó la incorporación de virutas de eucalipto en las proporciones de 0.00% (adobe patrón) y 50.00% (porcentaje de adición óptimo en sus propiedades mecánicas) incrementando su resistencia al comportamiento sísmico de los ambientes rurales a escala reducida, obteniendo resultados para la cantera Chupa de: Ambiente patrón (Fase 7, A=1.00cm, F=4.5Hz, t=88s y a=0.0278g) y ambiente adicionado con viruta (Fase 7, A=1.00cm, F=4.5Hz, t=89s y a=0.0349g,) respectivamente, por otro lado, se tiene los resultados





para la cantera Chucuito de: Ambiente patrón (Fase 6,  $A=1.00\text{cm}$ ,  $F=4.0\text{Hz}$ ,  $t=56\text{s}$  y  $a=0.0187\text{g}$ ) y ambiente adicionado con viruta (Fase 6,  $A=1.00\text{cm}$ ,  $F=4.0\text{Hz}$ ,  $t=72\text{s}$  y  $a=0.0186\text{g}$ ) respectivamente, se observa en la cantera Chupa en comparación del adobe patrón y el adobe adicionado con viruta de eucalipto se tiene una mejora en el tiempo y aceleración de  $t=1\text{s}$  y  $a=0.0071\text{g}$  respectivamente, y en la cantera Chucuito en comparación del adobe patrón y el adobe adicionado con viruta de eucalipto se tiene una mejora solo en el tiempo, mas no en la aceleración de  $t=16\text{s}$  y  $a=-0.0001\text{g}$  respectivamente.



## VI. RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo iniciativas de investigación con el objetivo de transformar la estructura maciza del adobe en una dúctil para elevar sus cualidades mecánicas.
- Efectuar futuras investigaciones, sobre las propiedades de los demás materiales no solo del adobe sino también de la viga collar, entre otros que conforman el modelo a escala.
- Efectuar investigaciones con la finalidad de estos sean aplicables a nuestras realidades se pudiendo aprovechar los recursos naturales o reciclar residuos sólidos y ensayarlos para ver las propiedades mecánicas y desempeño sísmico.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2016). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*.  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/Adobe\\_sistema\\_constructivo.pdf](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/Adobe_sistema_constructivo.pdf)
- Barreto, M., & Garcia, G. (2019). *Evaluación de la Resistencia del Adobe Reforzado con Paja de Trigo Para Viviendas en el Distrito de Chalaco - Piura, 2019*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46448?locale-attribute=es>
- Botía, A. (2015). *Manual de procedimientos de ensayos y memorias de cálculo* [Trabajo de Grado, Universidad Militar Nueva Granda].  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=642583D7158DDC89A643F82791E0D4BB?sequence=1>
- Calzada, D. (2022). *Adición de fibras de plástico y fibras de paja para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del adobe* [Universidad Cesar Vallejo].  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/108359/Calzada\\_AD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/108359/Calzada_AD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Camila Cabrea, M., Urina Esteban Torres Esteban Torres, S., & Ahumada, A. (2017). *Ensayo de Flexión*.  
<https://www.google.com/search?q=traductor&oq=traduc&aqs=chrome.3.69i57j35i39l2j0i67i131i433l2j0i67i433j0i67j0i67i131i433j0i512j0i3.3044j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Carhuanambo, T. J. (2016). *“Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca 2016”* [Tesis profesional, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7328>
- Carlos, J. (2019). *Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de tres porcentajes (1.5%, 3.0%, 4.5%) de viruta metálica*.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14986>



- Chuy, T. (2013). *Sismos ciencia y comunidad en la gestion de los riesgos naturales*.  
<https://dipecholac.net/docs/files/205-sismos-ciencia-y-comunidad-en-la-gestion-de-los-riesgos-naturales.pdf>
- Cuitiño-Rosales, M. G., Rotondaro, R., & Esteves, A. (2019). Aportes para el análisis comparativo del comportamiento higrotérmico y mecánico de los materiales de construcción con tierra. *Revista de Arquitectura*, 22(1).  
<https://doi.org/10.14718/revarq.2020.2348>
- Gatti, F. (2012). *Arquitectura y construcción en tierra estudio comparativo de las Técnicas contemporáneas en Tierra*.  
<http://mastersuniversitaris.upc.edu/tecnologiaarquitectura>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. del pilar. (2014). *Metodología de la investigación*.
- Hernando, A. (2017). *ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A PARTIR DE MAPAS DE ISOSISTAS EN PERÚ*.  
[https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/Informe\\_Estimacion\\_del\\_riesgo\\_por\\_exposicion\\_a\\_partir\\_de\\_mapas\\_de\\_isosistas\\_en\\_Peru\\_2017.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/Informe_Estimacion_del_riesgo_por_exposicion_a_partir_de_mapas_de_isosistas_en_Peru_2017.pdf)
- Jacinto, F., & Chambilla, W. (2022). *Propuesta de un modelo de vivienda de adobe reforzado con malla metálica sismoresistente para la localidad de Lampa, Distrito y Provincia de Lampa - Puno, periodo 2020 - 2021*.  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3226972>
- Llunitassig, S. M., & Siza, L. A. (2017). *Estudio de la resistencia a la compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, estiércol, savia de penca de tuna, sangre de toro y analisis de su comportamiento sismico usando un modelo a escala* [Titulo Profesional, Universidad Tecnica de Ambato].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26585/1/Tesis%201170%20-%20Llunitasig%20Chicaiza%20Sandra%20Mercedes.pdf>
- Magaña, P. (2021). *Mejoramiento del adobe, integrando oxido de calcio y fibra de coco; para evaluar sus resistencias: de compresion, termica y absorcion de humedad* [Tesis de Maestria]. Tecnológico Nacional de Mexico.



- Marquez, J. (2018). *Estabilización del adobe con adición de viruta de Eucalipto, Chincha 2018* [Tesis de Grado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/101624>
- Ministerio de vivienda, & Construcción y saneamiento. (2017). *Normativa E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada*. [https://cdn-web.construccion.org/normativas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/E\\_080.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normativas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf)
- Real Academia Española. (2023). *Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.6 en línea]*. 2023. <https://dle.rae.es/viruta>
- Salinas, E. (2017). *Vivienda económica en adobe de 02 pisos* [Titulo Profesional, Universidad Federico Villareal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/1939/SALINAS%20VALDEZ%20ERICK%20JAVIER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salome, E., & Polamaza, D. (2020). *Criterios y recomendaciones en procesos constructivos, para la mejora de la capacidad sismoresistente de una edificación de adobe en zonas rurales del Peru*. [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4095/Milton%20Polamaza\\_Jenry%20Espinoza\\_Trabajo%20de%20Investigacion\\_Bachiller\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4095/Milton%20Polamaza_Jenry%20Espinoza_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ticona, J. M. (2020). *Análisis comparativo entre el adobe tradicional y el adobe reforzado con fibras de coco, Huancane, Puno* [Titulo profesional, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57615>
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia. *Educacion*, 33, 155–165. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>
- Vasquez, L. V., Ramírez, H. R. M., & Miguel Angel, M. M. (2023). ANALYSIS OF THE MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF ADOBE COMPACTED WITH ICHU AND PINE FIBERS. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2023-July*. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.395>



Zelaya, V. (2007). *Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres* [Grado Académico de Maestro en Gerencia de la Construcción]. Universidad Federico Villareal.



## ANEXOS

**ANEXO 1:** Matriz de consistencia de investigación.

**ANEXO 2:** Análisis granulométrico por tamizado.

**ANEXO 3:** Contenido de humedad.

**ANEXO 4:** Límites de consistencia.

**ANEXO 5:** Ensayo a compresión simple.

**ANEXO 6:** Ensayo de resistencia a la flexión.

**ANEXO 7:** Planos de cobertura vegetal.

**ANEXO 8:** Modelos de un ambiente rural.

**ANEXO 9:** Constancia de ensayos.

**ANEXO 10:** Encuestas realizadas.

**ANEXO 11:** Panel fotográfico.

**ANEXO 12:** Manual de mesa vibratoria.



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ALEXIS VIGBERTO VILCA QUISPE  
identificado con DNI 72549787 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

" EVALUACION DE LA ADICION DE LAS VIRUTAS DE EUCALIPTO EN EL ADOBE  
Y COMPORTAMIENTO SISMO DE UN AMBIENTE RURAL USANDO UN MODELO  
A ESCALA REDUCIDA EN EL ALTIPLANO, 2022."

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de Diciembre del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella





### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo EIMER ROBINSON, MACHACA HUMPIRI  
identificado con DNI 77289680 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE LAS VIRUTAS DE EUCALIPTO EN EL  
ADOBE Y COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN AMBIENTE RURAL USANDO  
UN MODELO A ESCALA REDUCIDA EN EL ALTIPLANO, 2022 "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de DICIEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ALEXIS VLDIMIR VALCO QUIROE  
identificado con DNI 72544789 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

" EVALUACION DE LA ADICION DE LAS VIRTUS DE EXOUMPTO EN EL ADOSBE Y COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN AMBIENTE RURAL USANDO UN MODELO A ESCALA REDUCIDA EN EL ALTIPLANO, 2022 "

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de Diciembre del 20 24

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ETIHER ROBINSON MACHACA HUMPIRI identificado con DNI 77289680 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

" EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE LAS VIRUTAS DE EUALIPTO EN EL ADQBE Y COMPORTAMIENTO SÍSTICO DE UN AMBIENTE RURAL USANDO UN MODELO A ESCALA REDUCIDA EN EL ALTIPLANO, 2022 "

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de DICIEMBRE del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella