

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**Análisis sísmico y térmico comparativo entre muros de adobe reforzado y doble muro de ladrillos con EPS de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar, Cusco - 2022**

Presentado por:

Oswaldo Noa Thea

Para optar el Título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ANÁLISIS SÍSMICO Y TÉRMICO COMPARATIVO ENTRE MUROS DE ADOBE  
REFORZADO Y DOBLE MURO DE LADRILLOS CON EPS DE VIVIENDA RURAL  
SUMAQ WASI EN ESPINAR, CUSCO - 2022”

Presentado por **Oswaldo Noa Thea**, para optar el Título de: Ingeniero civil

Sustentado y aprobado el 14 de junio del 2023, ante el Jurado Evaluador:

**Presidente:**

  
\_\_\_\_\_  
*Dr. Walquer Huacani Calsin*

**Primer Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Mg. Crisólogo Conza Ancaypuro*

**Segundo Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada*

**Asesor:**

  
\_\_\_\_\_  
*Mg. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento*

## **Agradecimiento**

*Agradecer a Dios por darme sabiduría en los momentos difíciles y guiarme en mi camino, a mis padres por enseñarme a ser tenaz frente a diferentes adversidades que ocurren en la vida; siempre cultivando los valores y ayudando a los demás.*

*A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, por mi formación académica recibida en los aspectos: cognitivos, procedimentales y actitudinales, durante el periodo de mi formación y al Mg. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento por asesoría de tesis.*

*A los beneficiarios del Programa Nacional de Vivienda Rural Sumaq Wasi que facilitaron sus viviendas para desarrollar la investigación.*



## Dedicatoria

*A mis padres: Guillermo Noa Mollo y Anastacia Thea Pacco, como muestra de agradecimiento, quienes me apoyaron en mi formación profesional y por su motivación a seguir escalando en la vida.*



“Análisis sísmico y térmico comparativo entre muros de adobe reforzado y doble muro de ladrillos con EPS de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar, Cusco - 2022”

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una Licencia *Creative Commons*



# ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>4</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
1.1. Descripción del Problema.....	4
1.2. Enunciado del Problema.....	6
1.2.1. Problema General.....	6
1.2.2. Problema Específicos .....	6
1.3. Justificación de la Investigación.....	6
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	<b>8</b>
2.1. Objetivos de la Investigación .....	8
2.1.1. Objetivo General .....	8
2.1.2. Objetivo Específicos .....	8
2.2. Hipótesis de la Investigación.....	8
2.2.1. Hipótesis General .....	8
2.2.2. Hipótesis Específicas .....	8
2.3. Operacionalización de Variables .....	9
2.3.1. Variable Independiente .....	9
2.3.2. Variables Dependientes.....	9
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>11</b>
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	<b>11</b>
3.1. Antecedentes .....	11
3.2. Marco Teórico .....	15
3.2.1. Vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña.....	15
3.2.2. Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido .....	17

3.2.3. Análisis Sísmico lineal.....	20
3.2.4. Análisis estático no lineal – Push over.....	21
3.2.5. Comportamiento no lineal de muros de corte de adobe reforzado.....	25
3.2.6. Comportamiento no lineal de concreto armado .....	31
3.2.7. Curvatura de elementos de concreto armado .....	37
3.2.8. Modelamiento no lineal de elementos de una estructura .....	40
3.2.9. Curva de capacidad .....	44
3.2.10. Punto de desempeño sísmico .....	45
3.2.11. Desempeño sísmico según VISIÓN 2000 .....	47
3.2.12. Análisis Térmico.....	51
3.2.13. Componentes térmicos de una vivienda .....	51
3.2.14. Termo higrómetro Data logger .....	53
3.2.15. Presupuesto comparativo de ambos módulos habitacionales .....	56
3.3. Marco Conceptual .....	58
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>60</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>60</b>
4.1. Tipo y Nivel de Investigación .....	60
4.1.1. Tipo de Investigación .....	60
4.1.2. Nivel de Investigación.....	60
4.2. Diseño de Investigación .....	61
4.3. Descripción ética en la investigación .....	61
4.4. Población y Muestra .....	61
4.4.1. Población.....	61
4.4.2. Muestra.....	61
4.5. Procedimiento.....	62
4.5.1. Etapa I: Búsqueda de información .....	62
4.5.2. Etapa II: Identificación de las viviendas .....	62
4.5.3. Etapa III: Ejecución de ensayo.....	63
4.5.4. Etapa IV: Procesamiento de datos.....	63
4.5.5. Etapa V: Informe Final.....	64



4.6. Técnicas e Instrumentos .....	67
4.7. Análisis estadístico de investigación .....	68
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>71</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>71</b>
5.1. Análisis de resultados .....	71
5.1.1. Resultados de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña .....	74
5.1.1.1. Análisis sísmico .....	74
5.1.2. Análisis térmico .....	100
5.1.3. Resultados de vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) .....	115
5.1.3.1. Análisis sísmico .....	115
5.1.3.2. Análisis térmico .....	129
5.2. Contrastación de hipótesis .....	144
5.2.1. Hipótesis general .....	144
5.2.2. Hipótesis específica 01 .....	145
5.2.3. Hipótesis específica 02 .....	145
5.2.4. Hipótesis específica 03 .....	148
5.2.5. Hipótesis específica 04 .....	148
5.3. Discusión de resultados .....	150
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>154</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>154</b>
6.1. Conclusiones .....	154
6.2. Recomendaciones .....	155
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>163</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> — Operacionalización de Variables .....	10
<b>Tabla 2</b> — Propiedades de densidad y conductividad térmica de los materiales .....	19
<b>Tabla 3</b> — Factor de suelo (S).....	27
<b>Tabla 4</b> — Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación.....	28
<b>Tabla 5</b> — Coeficiente sísmico por zona sísmica para tierra reforzada .....	28
<b>Tabla 6</b> — Descripción de los estados de daño y niveles de desempeño .....	49
<b>Tabla 7</b> — Especificaciones técnicas de termohigrómetro DTR-350 .....	55
<b>Tabla 8</b> — Comparación de presupuesto de vivienda rural Sumaq Wasi .....	57
<b>Tabla 9</b> — Técnica e instrumento de investigación .....	67
<b>Tabla 10</b> — Cuadro comparativo de desempeño sísmico .....	71
<b>Tabla 11</b> — Resumen comparativo de sensación térmica .....	73
<b>Tabla 12</b> — Parámetros para generar rótula concentrada tipo corte .....	82
<b>Tabla 13</b> — Parámetros para el cálculo de desempeño ASCE 41-17 en X-X.....	95
<b>Tabla 14</b> — Parámetros para el cálculo de desempeño ASCE 41-17 en Y-Y.....	97
<b>Tabla 15</b> — Parámetros de sectorización de curva de capacidad en eje X-X .....	98
<b>Tabla 16</b> — Parámetros para el cálculo de desempeño en dirección Y-Y .....	99
<b>Tabla 17</b> — Variación I de muro de adobe reforzado con caña .....	102
<b>Tabla 18</b> — Variación II de muros de adobe reforzado con caña .....	105
<b>Tabla 19</b> — Variación III de muro de adobe reforzado con caña .....	110
<b>Tabla 20</b> — Resumen de comportamiento térmico de muro de adobe reforzado con caña ..	114
<b>Tabla 21</b> — Parámetros para el cálculo de desempeño ASCE 41-17 en X-X.....	124
<b>Tabla 22</b> — Parámetros para el cálculo de desempeño ASCE 41-17 en Y-Y.....	126
<b>Tabla 23</b> — Parámetros para el cálculo de desempeño en dirección X-X .....	127
<b>Tabla 24</b> — Parámetros para el cálculo de desempeño en dirección Y-Y .....	128



<b>Tabla 25</b> — Variación I de doble muro de ladrillos con EPS .....	130
<b>Tabla 26</b> — Variación II de doble muro de ladrillos con EPS .....	132
<b>Tabla 27</b> — Variación III de doble muro de ladrillos con EPS.....	137
<b>Tabla 28</b> — Resumen de comportamiento térmico de muro de adobe reforzado con caña ..	143
<b>Tabla 29</b> — Cuadro de análisis de hipótesis por prueba de signo de adobe.....	147
<b>Tabla 30</b> — Cuadro de análisis de hipótesis por prueba de signo de ladrillo.....	149
<b>Tabla 31</b> — Tabla comparativa de curva de capacidad experimental y computacional .....	177
<b>Tabla 32</b> — Matriz de consistencia de Tesis “Análisis sísmico y térmico comparativo entre muros de adobe reforzado y doble muro de ladrillos con EPS de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar, Cusco – 2022” .....	198



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> — Resumen de variable independiente y dependiente .....	9
<b>Figura 2</b> — Vivienda Rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado .....	15
<b>Figura 3</b> — Muro de adobe reforzado con carrizo horizontal y vertical .....	17
<b>Figura 4</b> — Vivienda Rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con EPS.....	18
<b>Figura 5</b> — Muro estructural de doble muro de ladrillo con EPS.....	20
<b>Figura 6</b> — Evolución de las normativas americanas .....	22
<b>Figura 7</b> — Curva fuerza-desplazamiento de un edificio usando análisis de push over .....	23
<b>Figura 8</b> — P- $\Delta$ de la estructura .....	24
<b>Figura 9</b> — Tipos de no lineal del material .....	25
<b>Figura 10</b> — Límites de configuración estructural.....	27
<b>Figura 11</b> — Mapa de zonificación sísmica .....	29
<b>Figura 12</b> — Modelo de la columna ancha para el análisis de mampostería .....	30
<b>Figura 13</b> — Muro de albañilería y su modelo equivalente .....	31
<b>Figura 14</b> — Curvas esfuerzo – deformaciones típicas.....	32
<b>Figura 15</b> — Relaciones idealizadas esfuerzo deformación del acero de refuerzo .....	32
<b>Figura 16</b> — Sección sometida a flexión simple o compuesta .....	34
<b>Figura 17</b> — Comportamiento de concreto confinado y no confinado .....	35
<b>Figura 18</b> — Núcleo efectivamente confinado para refuerzo de aros rectangulares.....	36
<b>Figura 19</b> — Curvatura de sección de concreto armado .....	37
<b>Figura 20</b> — Determinación del momento y curvatura de una sección de concreto armado..	38
<b>Figura 21</b> — Relaciones momento curvatura y modelo de ASCE/SEI 41-17 .....	38
<b>Figura 22</b> — Longitud de rótula plástica.....	39
<b>Figura 23</b> — Diagrama Fuerza -Deformación y Fuerza -Razón de deformación .....	40



<b>Figura 24</b> — Modelos idealizados de elemento viga – columna a) y b) plasticidad concentrada y c), d) y e) plasticidad distribuida.....	41
<b>Figura 25</b> — Idealización concentrada del modelo de línea central de articulación de portico de concreto armado .....	42
<b>Figura 26</b> — Mecanismo de origen de rótulas plásticas y curva de capacidad.....	43
<b>Figura 27</b> — Idealización distribuida de modelo de tipo fibra de portico de concreto armado .....	44
<b>Figura 28</b> — Representación de la curva de capacidad.....	45
<b>Figura 29</b> — Curvas idealizadas de fuerza – desplazamiento.....	46
<b>Figura 30</b> — Niveles de desempeño.....	50
<b>Figura 31</b> — Sectorización de la Curva de Capacidad.....	50
<b>Figura 32</b> — Termohigrómetro Datalogger Ezdo Gondo DRT-305 .....	55
<b>Figura 33</b> — Procedimiento de investigación en análisis sísmico .....	65
<b>Figura 34</b> — Procedimiento de investigación en análisis térmico .....	66
<b>Figura 35</b> — Procedimiento de modelos estadísticos.....	68
<b>Figura 36</b> — Resumen estadístico de muro de adobe reforzado .....	72
<b>Figura 37</b> — Resumen estadístico de doble muro de ladrillos.....	73
<b>Figura 38</b> — Vistas laterales de muro de adobe reforzado .....	74
<b>Figura 39</b> — Vista superior de muro de adobe reforzado .....	75
<b>Figura 40</b> — Muro de adobe reforzado con caña .....	75
<b>Figura 41</b> — Observación de fisuras efecto de carga cíclica .....	76
<b>Figura 42</b> — Equivalencia elasto – plástica muro reforzado, ciclo de ida.....	77
<b>Figura 43</b> — Equivalencia elasto – plástica muro reforzado, ciclo de regreso .....	77
<b>Figura 44</b> — Curva de capacidad de muro de adobe reforzado .....	78
<b>Figura 45</b> — Esquema de cálculo módulo de elasticidad.....	80
<b>Figura 46</b> — Rótula tipo corte para calibración .....	83



<b>Figura 47</b> — Rótula de corte en ETABS.....	83
<b>Figura 48</b> — Muro de adobe reforzado con caña.....	84
<b>Figura 49</b> — Curva de capacidad generada modelo computacional.....	84
<b>Figura 50</b> — Comparativa de curva de capacidad.....	85
<b>Figura 51</b> — Vivienda rural de muros de adobe reforzado en planta.....	86
<b>Figura 52</b> — Calibración de propiedades mecánicas de los materiales.....	87
<b>Figura 53</b> — Distribución de carga muerta.....	88
<b>Figura 54</b> — Distribución de carga viva.....	89
<b>Figura 55</b> — Modelamiento de la dirección del viento en X e Y.....	90
<b>Figura 56</b> — Disposición de muros y techos respecto al sistema de coordenadas.....	90
<b>Figura 57</b> — Modelo computacional de vivienda rural de adobe reforzado.....	92
<b>Figura 58</b> — Asignación de rótulas concentradas tipo corte.....	93
<b>Figura 59</b> — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección X-X.....	94
<b>Figura 60</b> — Curva bilineal en la dirección X-X.....	94
<b>Figura 61</b> — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección Y-Y.....	96
<b>Figura 62</b> — Curva bilineal en la dirección Y-Y.....	96
<b>Figura 63</b> — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección X-X.....	98
<b>Figura 64</b> — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección Y-Y.....	99
<b>Figura 65</b> — Ubicación de Data logger al interior y exterior de la vivienda.....	101
<b>Figura 66</b> — Módulo habitacional con muros de adobe reforzado con caña 1-1.....	103
<b>Figura 67</b> — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 1 – 1.....	104
<b>Figura 68</b> — Módulo habitacional 1-2.....	104
<b>Figura 69</b> — Comportamiento térmico de vivienda 1 – 2.....	105
<b>Figura 70</b> — Módulo habitacional 2 – 1.....	106
<b>Figura 71</b> — Comportamiento térmico de vivienda 2 – 1.....	107



<b>Figura 72</b> — Módulo habitacional 2 – 2 .....	107
<b>Figura 73</b> — Comportamiento térmico de vivienda 2 – 2.....	108
<b>Figura 74</b> — Modelo de vivienda 2 – 3.....	109
<b>Figura 75</b> — Comportamiento térmico de vivienda 2 – 3.....	109
<b>Figura 76</b> — Módulo habitacional 3-1 .....	111
<b>Figura 77</b> — Comportamiento térmico de vivienda 3 – 1.....	111
<b>Figura 78</b> — Módulo habitacional 3-2 .....	112
<b>Figura 79</b> — Comportamiento térmico de vivienda 3-2 .....	113
<b>Figura 80</b> — Módulo habitacional 3-3 .....	113
<b>Figura 81</b> — Comportamiento térmico de vivienda 3 – 3.....	114
<b>Figura 82</b> — Configuración estructural de doble muro de ladrillo con EPS.....	116
<b>Figura 83</b> — Calibración de propiedades mecánicas de los materiales .....	117
<b>Figura 84</b> — Carga muerta como elemento área.....	118
<b>Figura 85</b> — Carga viva como elemento área.....	118
<b>Figura 86</b> — Modelo estructural de vivienda rural de adobe reforzado.....	120
<b>Figura 87</b> — Modelo para el concreto tipo Mander .....	121
<b>Figura 88</b> — Modelo para el acero de refuerzo simple .....	121
<b>Figura 89</b> — Asignación de rótulas plásticas .....	122
<b>Figura 90</b> — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección X-X ...	123
<b>Figura 91</b> — Curva bilineal en la dirección X-X .....	123
<b>Figura 92</b> — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección Y-Y ...	125
<b>Figura 93</b> — Curva bilineal en la dirección Y-Y .....	125
<b>Figura 94</b> — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección XX ....	127
<b>Figura 95</b> — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección Y-Y...	128
<b>Figura 96</b> — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 1-1 .....	131



<b>Figura 97</b> — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 1 – 1 .....	131
<b>Figura 98</b> — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 2-1 .....	133
<b>Figura 99</b> — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 2 – 1 .....	133
<b>Figura 100</b> — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 2-2 .....	134
<b>Figura 101</b> — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 2 – 2 .....	135
<b>Figura 102</b> — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 2-3 .....	135
<b>Figura 103</b> — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 2 – 3 .....	136
<b>Figura 104</b> — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3-1 .....	138
<b>Figura 105</b> — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 3 – 1 .....	138
<b>Figura 106</b> — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3-2 .....	139
<b>Figura 107</b> — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 3 – 2 .....	140
<b>Figura 108</b> — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3-3 .....	140
<b>Figura 109</b> — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 3 – 3 .....	141
<b>Figura 110</b> — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3-4 .....	142
<b>Figura 111</b> — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 3 – 4 .....	142
<b>Figura 112</b> — Prueba de distribución normal de vivienda de muros de adobe reforzado ...	146
<b>Figura 113</b> — Prueba de distribución normal de vivienda de doble muro de ladrillo .....	149
<b>Figura 114</b> — Curvas de capacidad de muro de adobe reforzado y no reforzado. ....	151
<b>Figura 115</b> — Curvas de capacidad de muro de adobe reforzado y no reforzado. ....	151
<b>Figura 116</b> — Modelo tensión deformación propuesto para cargas monotónicas de concreto confinado y no confinado.....	152
<b>Figura 117</b> — Descripción de vivienda rural de muros de adobe reforzado – Análisis Sísmico .....	164
<b>Figura 118</b> — Descripción de vivienda rural de muros de doble muro de ladrillos con Poliestireno Expandido (EPS) – Análisis Sísmico.....	165



<b>Figura 119</b> — Descripción de vivienda rural de muros de adobe reforzado – Análisis Térmico .....	166
<b>Figura 120</b> — Descripción de vivienda rural de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) – Análisis Térmico .....	167
<b>Figura 121</b> — Estudio de mecánica de suelos del Centro Poblado Choquepuma – Chullo..	168
<b>Figura 122</b> — Ubicación de zona de estudio en el mapa de zonificación sísmica.....	169
<b>Figura 123</b> — Factor de zona sísmica CP Choquepuma - Chullo.....	170
<b>Figura 124</b> — Parámetros de sitio de CP Choquepuma - Chullo.....	171
<b>Figura 125</b> — Estudio de Mecánica de suelos de centro poblado Kayrahuiri y Japo Central .....	172
<b>Figura 126</b> — Factor de zona sísmica de CP Kayrahuiri y Japo Central .....	173
<b>Figura 127</b> — Parámetros de sitio y capacidad portante Kayrahuiri y Japo Central .....	174
<b>Figura 128</b> — Certificados de calibración de datalogger termohigrómetro.....	175
<b>Figura 129</b> — Boletas de compra del equipo datalogger DTR- 305 .....	176



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada “Análisis sísmico y térmico comparativo entre muros de adobe reforzado con caña y doble muro de ladrillos con EPS de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar, Cusco – 2022”, que consiste en realizar la comparativa de dos módulos habitacionales de muros de adobe reforzado con caña y doble muros de ladrillos con poliestireno expandido en variable sísmico y térmico. Según la publicación de portal web del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2022) menciona:

Las Sumaq Wasi son viviendas bioclimáticas que cuentan con un diseño que permite captar el calor del día y conservarlo durante la noche, aumentando la temperatura al interior hasta en 14 °C, lo que abriga más a las familias beneficiarias, que en las épocas más frías del año soportan temperaturas de varios grados bajo cero.

Dicha investigación se realizó con el propósito de analizar y comparar el comportamiento sísmico y térmico entre muros de adobe reforzado con caña y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar, Cusco - 2022, para ello se utilizó el diseño estructural y arquitectónico de las viviendas rurales, y así obteniendo su desempeño sísmico y la sensación térmica al interior de las viviendas. La importancia del trabajo radica en conocer su comportamiento, para mejorar su diseño y optar por la vivienda rural adecuada, que cumpla su funcionalidad de ser térmico y sismorresistente.

El presente trabajo de investigación contiene 6 capítulos. A continuación, se detalla: en el **Capítulo I** donde se describe el planteamiento del problema mediante la descripción, enunciado y justificación del problema. **Capítulo II** se plantea los objetivos, hipótesis de investigación y la operacionalización de variables. **Capítulo III** se desarrolla el sustento teórico – científico, antecedentes, marco teórico y marco conceptual. **Capítulo IV** presenta el tipo, nivel, diseño y ética de la investigación, población, muestra, procedimiento, técnicas de obtención de datos, instrumentos a utilizar, recolección y procesamiento de datos utilizando métodos estadísticos. **Capítulo V** se presenta contrastación de hipótesis, discusión de resultados y por último el **Capítulo VI** donde se muestra las conclusiones y recomendaciones de dicha investigación desarrollada.

Finalmente, se adjunta las referencias bibliográficas que respaldan a la investigación, además se anexa fotografías, certificado de calidad, memoria de cálculo y planos.



## RESUMEN

El plan multisectorial ante heladas y friajes 2019-2021, construyó viviendas rurales Sumaq Wasi en la sierra de Apurímac, Cusco y Puno; dichas viviendas se caracterizan por ser térmicos y sismorresistentes. La presente investigación tiene el objetivo de analizar y comparar el comportamiento sísmico y térmico entre muros de adobe reforzado y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar, Cusco – 2022. La metodología de estudio que se utilizó: es una investigación de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel explicativo, con diseño no experimental de tipo longitudinal y muestreo no probabilístico. Para análisis sísmico se utilizó la metodología de Análisis Estático no Lineal según la norma ASCE/SEI 41-17 para determinar su punto de desempeño y la metodología de VISIÓN 2000 para determinar su desempeño sísmico; mientras tanto en análisis térmico se utilizó el instrumento termohigrómetro datalogger en 16 viviendas (8 de adobe reforzado y 8 de doble muro de ladrillos) con el objetivo de obtener la sensación térmica al interior de la vivienda desde 3:00 pm hasta 8:00 am, donde el poblador rural hace uso de la vivienda. Los resultados obtenidos muestran que, en la vivienda rural con muros de adobe reforzado con caña tiene un desempeño sísmico de ocupación inmediata; mientras que la vivienda con doble muro de ladrillo con poliestireno expandido (EPS) su desempeño sísmico es completamente operativo; en tanto en ambos módulos habitacionales se obtiene menor de 14 °C de sensación térmica al interior de la vivienda, cuando la temperatura del ambiente exterior es de 1 a 3 °C en promedio. En conclusión, realizando las comparativas en análisis sísmico, la vivienda rural con doble muro de ladrillo con poliestireno expandido (EPS) presenta mayor desempeño sísmico; mientras en análisis térmico, ambos módulos habitacionales no superan los 14 °C de sensación térmica.

**Palabras clave:** Análisis sísmico, análisis térmico, desempeño sísmico, sensación térmica y vivienda rural.



## ABSTRACT

The 2019–2021 multi-sectoral plan for frost and cold weather built Sumaq Wasi rural homes in the Apurímac, Cusco and Puno. These houses are characterized by being thermally and seismically resistant. The present investigation has the objective of analyzing and comparing the seismic and thermal behavior between reinforced adobe walls and double brick walls with expanded polystyrene (EPS) in rural housing in Sumaq Wasi, Espinar, Cusco - 2022. The study methodology that was used is an applied type of research with a quantitative approach, an explanatory level, a non-experimental longitudinal design, and non-probabilistic sampling. For seismic analysis, the nonlinear static analysis methodology was used according to the ASCE/SEI 41-17 standard to determine its performance point and the VISION 2000 methodology to determine its seismic performance. Meanwhile, in thermal analysis, the datalogger thermohygrometer instrument was used in 16 houses (8 reinforced adobe and 8 double brick walls) with the aim of obtaining the thermal sensation inside the house from 3:00 p.m. to 8:00 a.m., when the rural inhabitant makes use of the house. The results obtained show that, in rural housing with adobe walls reinforced with cane, it has a seismic performance of immediate occupation, while in a house with a double brick wall with expanded polystyrene (EPS), its seismic performance is fully operational. In both housing modules, less than 14 °C of thermal sensation is obtained inside the house when the temperature of the external environment is between 1 and 3 °C on average. In conclusion, making the comparisons in seismic analysis, the rural house with a double brick wall with expanded polystyrene (EPS) presents greater seismic performance, while in thermal analysis, both housing modules do not exceed 14 °C of thermal sensation.

**Keywords:** *seismic analysis, thermal analysis, seismic performance, thermal sensation, and rural housing.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción del Problema

El estado peruano plantea el plan multisectorial ante heladas y friajes 2019 al 2021, que consiste en dotar un módulo habitacional en vez de frazadas al sector más vulnerable del país, que son afectadas con infecciones respiratorias por descenso de temperatura. Dicho módulo habitacional consiste en dos modelos de vivienda rural, con muros de adobe reforzado con caña y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS), se caracteriza por ser sismorresistentes y térmicos. Por otra parte, la contraloría general de la república observó sobre algunas deficiencias en la ejecución de las viviendas rurales Sumaq Wasi, así como se dio en el reporte del medio nacional (CANAL 21 HUANCAYO, 2020) donde manifiesta:

Los módulos presentan deficiencias en su construcción debido a la inadecuada ejecución de las especificaciones técnicas y los planos, esta situación pone en riesgo el proceso de construcción de estos módulos y que no podrían ayudar a cumplir el objetivo de reducir la vulnerabilidad de las personas frente a la exposición de las bajas temperaturas que año a año se presenta en departamento de Junín.

En la localidad del distrito de Pallpata provincia de Espinar, departamento de Cusco, se iniciaron a ejecutar los dos modelos de vivienda rural Sumaq Wasi a mediados del 2019. Los beneficiarios al ver los módulos habitacionales ya construidos, realizaron varias preguntas en la zona; como, por ejemplo: ¿por qué en otros sectores se construyen de ladrillo y otros de adobe reforzado?, ¿cumplirán ambos su funcionalidad de ser térmicos y sismorresistente?, ¿cuál de ellos será más recomendable técnicamente para zonas altoandinas?, además la zona de Espinar es altamente sísmico. Según la norma diseño sismorresistente (NTP E.030, 2019) se ubica en zona 3 en el mapa de zonificación de peligro sísmico. Por ello existe acumulación de energía y en algún momento libere dicha energía, así como (KOROIWA, 2019) menciona:



Gracias a que en la actualidad se cuenta con la cantidad de datos estadísticos de sismos ocurridos en el Perú, de menos precisa, pero de gran utilidad, con el avance de la ciencia es posible identificar lugares de acumulación de energía de varias décadas o siglos. Por ello existe mayor probabilidad de que libere dicha energía y ocurra un gran sismo, ya que en esos lugares existe energía acumulada (p. 333).

Actualmente, para el año 2022, el gobierno a través del Programa Nacional de Vivienda Rural, se propone a continuar con la ejecución de módulos habitacionales. Según el portal web del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2021) menciona que “Se ha destinado S/191.6 millones para la construcción de 17,317 viviendas bioclimáticas Sumaq Wasi, que beneficiarán a las familias de las zonas rurales en situación de pobreza y pobreza extrema que son afectadas por las heladas y el friaje”, se observa en las publicaciones del portal web, se continúan ejecutándose los mismos diseños de vivienda rural para zonas altoandinas no hay mejora.

De continuar con la problemática, se seguirán ejecutándose los mismos diseños de vivienda rural Sumaq Wasi para zonas altoandinas; planteadas en el plan multisectorial ante heladas y friajes 2019 al 2021, en el plan multisectorial ante heladas y friajes 2022 al 2024, no se tendría mejoras ni reajustes en su diseño sismorresistente y térmico. También se continúa con la problemática en control del proceso constructivo, administración de recursos y cumplimiento de objetivos, con ello se genera deficiencias en la dirección técnica de proceso constructivo. Así, como menciona en el reporte de cuarto poder de América noticias (AMÉRICA NOTICIAS, 2022) donde manifiesta “al 31 de diciembre del 2020 se aprobaron 187 expedientes técnicos, 8460 casas bioclimáticas, en 11 regiones del país mediante núcleos ejecutores, a finales del 2021 sólo se habían liquidado 7 proyectos que suman un total de 204 viviendas rurales”.

Por ello, es necesario determinar el comportamiento sísmico del diseño estructural de las viviendas rurales Sumaq Wasi, conocer su desempeño sísmico, en qué momento aparecen grietas, pequeñas fisuras, deformaciones y su colapso; también es importante diagnosticar el comportamiento térmico del conjunto constructivo de ambos modelos de vivienda rural. Con los datos obtenidos, plantear mejoramiento y reajuste para un diseño que cumpla las características de ser térmico y sismorresistente para zonas altoandinas, así como (CUÉLLAR CAJAHUARINGA, 2017) comenta “tan importante como el aporte de ideas y la construcción con materiales propios de la zona, es la evaluación térmica y el



monitorio, que aún no ha sido realizado en el Plan Nacional de Vivienda Rural (PNVR)” (p.2).

Las obras construidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deben garantizar su proceso constructivo y su funcionalidad, ya que dicha institución es el ente regulador y fiscalizador de las normas de construcción, debe ser ejemplo en construcción de obras públicas y cumplimiento de metas.

## **1.2. Enunciado del Problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el comportamiento sísmico y térmico comparativo entre muros de adobe reforzado y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar, Cusco - 2022?

### **1.2.2. Problema Específicos**

- ¿Cuál es el comportamiento sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña en Espinar, Cusco - 2022?
- ¿Cuál es el comportamiento térmico de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña en Espinar, Cusco - 2022?
- ¿Cuál es el comportamiento sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) en Espinar, Cusco - 2022?
- ¿Cuál es el comportamiento térmico de vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) en Espinar, Cusco - 2022?

## **1.3. Justificación de la Investigación**

La investigación se fundamenta en la importancia de conocer el comportamiento sísmico y térmico de vivienda rural Sumaq Wasi en zonas altoandinas. Con los datos obtenidos dar alcance al programa para que realice los reajustes y el mejoramiento del diseño de los módulos habitacionales.

La investigación realizada aporta al programa, determinando el desempeño sísmico de vivienda rural y diagnosticando la sensación térmica al interior del módulo habitacional en zonas altoandinas, con ello se verifica el cumplimiento de los objetivos del Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR, 2019) que plantea:



Mejorar las condiciones de vida de los pobladores del sector rural que pertenecen a pobreza y extrema pobreza, ubicados en zonas altoandinas de la sierra y son afectados por heladas y friajes anualmente, con la dotación de módulo habitacional con diseño sismorresistente y térmico.

Con la obtención de datos, se aporta al mejoramiento del diseño de los modelos habitacionales para la sierra, que fueron planteados con muros de adobe reforzado con caña de acuerdo a la Norma E.080 (Diseño y construcción con tierra reforzada) y muros de doble ladrillo con poliestireno expandido (EPS) de sistema porticado; y así, optar por la vivienda que tiene mejor comportamiento sísmico y térmico, que cumpla los objetivos del proyecto, de proteger de heladas y friajes que ocurren en lugares que se ubican en zonas altoandinas de la sierra entre 3500 msnm hasta los 4800 msnm en Espinar – Cusco.

Con los resultados obtenidos; al determinar el comportamiento sísmico mediante Análisis Estático No lineal (Push over) se conoce el nivel de desempeño sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi que puede ser según VISIÓN 2000: completamente operativo, ocupación inmediata, resguardo de vida, cerca al colapso y colapso. Por otra parte, es necesario diagnosticar el comportamiento térmico mediante el registro de sensación térmica con el equipo termohigrómetro datalogger al interior de la vivienda en el horario de 3:00 pm hasta 8:00 am donde hace uso el poblador rural. Con los datos obtenidos se verifica la afirmación del programa de la diferencia de 14 °C con el exterior o temperatura ambiental. Así como el portal web de ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS, 2022) menciona, “Las Sumaq Wasi son módulos bioclimáticos que brindan confort térmico en su interior, durante las épocas más frías del año, las familias tengan hasta 14° más de temperatura que el exterior, lo cual les brinda más abrigo”.

Con el trabajo de investigación realizada beneficia a los pobladores del sector rural, en la dotación de la vivienda ya mejorada que cumpla su funcionalidad de ser térmico y sismorresistente. También se implementa nuevos tipos de construcción y una cultura de prevención en seguridad sísmica en sector rural.

Esta investigación servirá de guía o apoyo a investigaciones posteriores para mejorar el diseño de modelo de vivienda rural Sumaq Wasi para la sierra, con las características de ser sismorresistente y térmico.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1. Objetivos de la Investigación

##### 2.1.1. Objetivo General

Analizar y comparar el comportamiento sísmico y térmico entre muros de adobe reforzado y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar, Cusco - 2022

##### 2.1.2. Objetivo Específicos

- Determinar el comportamiento sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña en Espinar, Cusco - 2022
- Diagnosticar el comportamiento térmico de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña en Espinar, Cusco - 2022
- Determinar el comportamiento sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) en Espinar, Cusco - 2022
- Diagnosticar el comportamiento térmico de vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) en Espinar, Cusco - 2022

#### 2.2. Hipótesis de la Investigación

##### 2.2.1. Hipótesis General

Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento sísmico y ambos módulos habitacionales en comportamiento térmico no superan los 14 °C

##### 2.2.2. Hipótesis Específicas

- Vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña tiene menor desempeño en su comportamiento sísmico



- Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña tiene un comportamiento térmico que no supera los 14 °C de sensación térmica
- Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene mayor desempeño en su comportamiento sísmico
- Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene un comportamiento térmico que no supera los 14 °C de sensación térmica

## 2.3. Operacionalización de Variables

### 2.3.1. Variable Independiente

- Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña
- Vivienda Rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con Poliestireno expandido (EPS)

### 2.3.2. Variables Dependientes

- Análisis sísmico
- Análisis térmico

En la figura Nro. 1, se muestra gráficamente la relación entre variables dependiente e independiente. Las dos viviendas rurales Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) son variables independientes, entre ellos no existe correlación o la dependencia del otro, la investigación realizada tiene el propósito de comparar los dos módulos habitacionales.

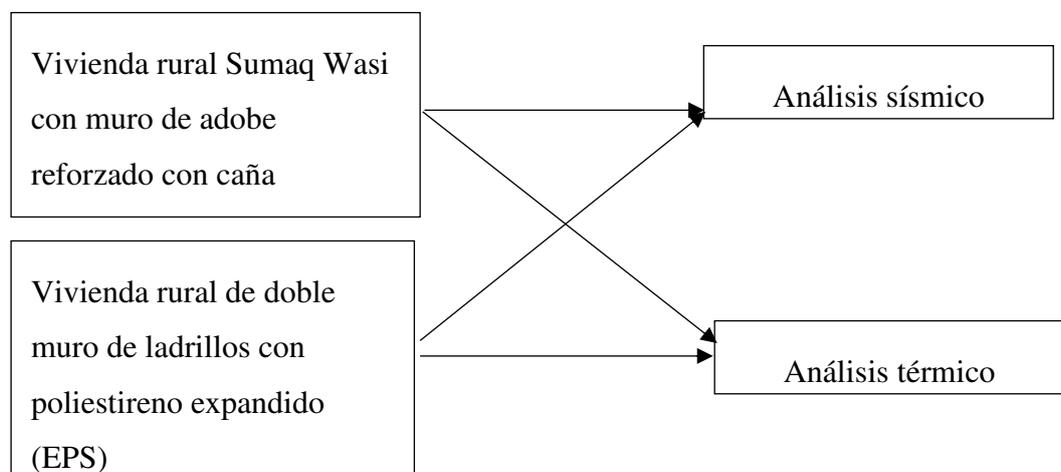


Figura 1 — Resumen de variable independiente y dependiente

**Tabla 1 — Operacionalización de Variables**

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
TIPO DE VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b><u>Variable independiente</u></b></p> <p>Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña</p>	<p>Módulo habitacional con muro de adobe reforzado con caña y cobertura de calamina</p>	<p>Características del conjunto constructivo</p>	<p>Componente estructural y arquitectónico</p>	<p>Sistema de muros de adobe reforzado con caña                      Tipo de falla de adobe reforzado con caña                      Tipo de cobertura                      Ventana cenital                      Aislamiento térmico en piso, techo, puertas y ventanas</p>
<p>Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS)</p>	<p>Módulo habitacional de doble muro de ladrillo con poliestireno expandido (EPS) y cobertura de calamina</p>	<p>Características del conjunto constructivo</p>	<p>Componente estructural y arquitectónico</p>	<p>Sistema porticado                      Tipo de falla de pórticos                      Tipo de cobertura                      Ventana cenital                      Aislamiento térmico en piso, techo, puertas y ventanas</p>
<p><b><u>Variable dependiente</u></b></p> <p>Análisis sísmico</p>	<p>Análisis de comportamiento sísmico mediante Análisis Estático No Lineal (Push Over) para determinar su desempeño sísmico</p>	<p>Punto de desempeño                      Curva de capacidad</p>	<p>Desempeño sísmico</p>	<p>Completamente operativo                      Ocupación inmediata                      Resguardo de vida                      Cerca al colapso                      Colapso</p>
<p>Análisis térmico</p>	<p>Análisis de comportamiento térmico al interior de la vivienda mediante sensación térmica</p>	<p>Temperatura °C</p>	<p>Sensación térmica</p>	<p>Superior de 14 °C                      Inferior de 14 °C</p>



## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1. Antecedentes

##### a) Antecedentes internacionales

- Según (RIOFRÍO PEREDO, 2019) en la tesis titulada: “Análisis del confort térmico de edificaciones construidas con tecnologías de tierra y estructura de madera, en microclimas fríos de la serranía ecuatoriana” tiene como uno de los objetivos “realizar un registro documentado de las variables del confort térmico, mediante las mediciones internas y externas de edificaciones; del sistema constructivo en tierra, estudiado en clima frío en espacios de diferentes condiciones” (p.8); con la metodología “de investigación aplicada, desarrollada mediante el análisis de un caso de estudio, trabajar el tema documentándola con evidencias científicas”(p.28) y llegando a una conclusión “para este tipo de climas y este sistema constructivo se necesita proveer de una radiación solar importante que ingrese a los espacios habitados. Se recomienda el uso de claraboyas, invernadores adosados, u otro tipo de dispositivo de control ambiental” (p.103). Se toma como antecedente para colocar los sensores termo higrómetros, al interior y exterior de vivienda.
- Según (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017) en la tesis titulada: “Estudios de las propiedades físicas de la caña guadúa y su aplicación como refuerzo en la construcción de estructuras de adobe” tiene como uno de los objetivos “Realizar ensayos experimentales de un muro de adobe reforzado y otro sin refuerzo” (p.2); con la metodología de investigación aplicada y experimental que “para el diseño y construcción de los muros de adobe reforzado y no reforzado, se tuvo que tomar en cuenta lo descrito en la norma peruana E.080 construcción con tierra reforzada, cumpliendo el siguiente procedimiento: dimensionamiento de los muros, diseño del modelo matemático, diseño del experimento, construcción de los muros, ejecución del ensayo, registro y tratamiento de información”(p.5) y llegando a una conclusión “con los resultados obtenidos se puede asegurar que el uso de materiales alternativos para una construcción sustentable como la caña

y el adobe, es capaz de crear condiciones sismorresistentes, económicas y un alto grado de habitabilidad para una vivienda digna” (p.130). Se toma como antecedente para la calibración de muro de adobe reforzado con caña en métodos analíticos computacionales.

- Según (VINH DUONG, 2006) en la tesis titulada: “Comportamiento sísmico de una cortante - crítico de un pórtico de concreto reforzado: una investigación experimental y numérica” tiene como descripción de los objetivos “Proporcionar datos experimentales para mayor desarrollo teórico y analítico, mediante un programa combinado de investigación experimental y analítica, llevada a cabo sobre un pórtico de concreto armado a gran escala de cortante crítico, donde los datos recogidos de las pruebas experimentales proporcionará una amplia base de datos para facilitar modificaciones a los modelos actuales y/o proporcionar nueva base de formulaciones” (p.6); con la metodología de “una investigación aplicada de tipo experimental y numérica, considera las características del pórtico de concreto armado de dos pisos, las propiedades de los materiales utilizados, el procedimiento de construcción y el procedimiento de reparación utilizando programa experimental y programa de elementos finitos”(p.31) y llegando a una conclusión “en la fase A del experimento, el análisis se correlacionó bien con el experimento en término del modo de daño, patrón de grietas, alargamiento de la viga y deformación de la columna, la rigidez prevista y la carga máxima 10 – 20% más alto, pero todavía estaban dentro de lo razonable.” (p.211), se toma la referencia del autor por comprobar experimentalmente y analíticamente la calibración de método de fibras en vigas y columnas, en su comportamiento no lineal en concreto armado.

#### **b) Antecedentes Nacionales**

- Según (IZQUIERDO BUSTAMANTE, y otros, 2022) en la tesis titulada: “Evaluación del desempeño sísmico en una edificación de dos niveles ubicada en el departamento de Lambayeque, aplicando el procedimiento no lineal estático”; tiene como objetivo evaluar el desempeño sísmico de un colegio de dos niveles; para ello usó una metodología “de análisis lineal acorde con el código peruano sismorresistente E.030 (2018), la validación del modelo no lineal para albañilería confinada se ejecuta mediante la calibración y el ajuste de un ensayo experimental realizado por el laboratorio de estructuras de la PUCP”(p.5) y llegando a la conclusión “al considerar la no linealidad de los elementos de



albañilería confinada y del concreto armado, como elementos tipo línea como fue de la columna ancha con rótula de corte y elementos con plasticidad tipo fibra respectivamente, se reduce el tiempo de iteración de manera considerable. Además, se obtuvo un modelo no lineal respaldado en antecedentes tanto nacionales como internacionales, junto a la calibración previa del modelamiento, lo cual permite concluir que el modelo numérico utilizable es fiable para obtener resultados aproximados al escenario supuesto” (p.75), se toma la referencia del autor donde válida la calibración del modelo número o analítico para estudios de comportamiento no lineal de muros y sistema de pórticos.

- Según (VALERIANO LAYME, 2022) en la tesis titulada: “evaluación de factores físico ambientales en las viviendas rurales del sector Túpac Amaru, distrito de Vilque - Puno”; tiene como uno de los objetivos “Determinar el confort térmico según el diagrama de Givoni y los factores ambientales en una vivienda rural y en la vivienda rural bioclimática Sumaq Wasi del sector Túpac Amaru del distrito de Vilque” (p.23); con la metodología de “investigación de nivel descriptivo, se desarrolló durante 2020-2021 con visitas quincenales; por lo tanto, los datos para la selección de la muestra son no probabilístico, a juicio de los investigadores, es decir, los 67 módulos Sumaq Wasi. Se utilizarán instrumentos como: registrador Most, termohigrómetro para medir la temperatura y humedad” (p.12) y llegando a una conclusión “La temperatura promedio mínimo exterior se dio en el mes de julio a 2.42 °C y máxima en agosto de 15.97 °C; el interior de la vivienda tradicional tiene una temperatura mínima de 11.35 °C en julio y una máxima de 16.52 °C en setiembre; la vivienda Sumaq Wasi tuvo una temperatura mínima de 12.31 °C en julio y una máxima de 16.51 °C en octubre, por lo que los factores ambientales influyen directamente en el cambio climático del interior de los ambientes en viviendas tradicionales siendo con mayor intensidad en esta, que en comparación con las viviendas Sumaq Wasi; sin embargo, ambos resultados se encuentran fuera de la zona de confort según diagrama de Givoni, lo cual conlleva a bajas temperaturas, generando problemas de salud y estaría en ambos casos fuera del confort térmico” (p.148). Antecedente que la temperatura no supera los 14° C al interior de la vivienda rural Sumaq Wasi.



- Según (HUAMANI CARDENAS, y otros, 2021) en la tesis titulada: “Análisis del confort térmico en las viviendas “Sumaq Wasi”, Misquipata, distrito de San Juan de Jarpa, provincia Chupaca, región Junín”; tiene como uno de los objetivos “Determinar cómo es el clima para el confort térmico de las viviendas Sumaq Wasi del anexo de Misquipata, distrito de San Juan de Jarapa, Provincia de Chupaca, región Junin, del año 2021” (p.21); con la metodología de “investigación de nivel descriptivo y a la vez aplicativa, de diseño no experimental, su población de estudio es 67 módulos de vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido, se utilizó la técnica de observación y encuesta para el estudio de confort térmico. Después plantear 04 modelos de vivienda bioclimática mejorada” (p.69) y llegando a una conclusión “el análisis realizado mediante la evaluación de temperatura y humedad dieron como resultado que en el horario de 5:00 pm a 7:00 am, donde el usuario hace uso de la vivienda con mayor frecuencia, la temperatura no es el favorable registrando en los meses de junio, julio y agosto temperaturas que descienden hasta los 2.5 °C” (p.102). Antecedente que el poblador rural hace uso la vivienda desde 5:00 pm hasta 7:00 am del día siguiente.
- Según (CUÉLLAR CAJAHUARINGA, 2017) en la tesis titulada: “Estudio para el acondicionamiento térmico de viviendas sometidas a heladas. Caso: centro poblado de Santa Rosa (Puno)”; tiene como uno de los objetivos “Evaluar las diferencias del comportamiento térmico entre las viviendas locales y el prototipo de vivienda del PNVR” (p.2); con la metodología de “investigación descriptiva, se realizó con el monitorio de temperaturas en dos muestras durante cuatro días continuos en intervalo de una hora con equipos Data Logger y realizar la comparativa del comportamiento térmico de las viviendas locales y viviendas construidas por el PNVR” (p.4) y llegando a una conclusión “si bien el módulo de vivienda PNVR presenta soluciones adecuadas para el manejo de la envolvente en busca del aislamiento térmico, estas no llegan a cumplir con una temperatura de confort térmico al interior de la vivienda en las horas de extremo frío durante madrugada. Las principales observaciones son respecto a la mayor pérdida térmica por conducción y a través de los muros, siendo esta una significativa área que influye en el diseño del módulo de vivienda, y la inadecuada orientación de las ventanas que no promueven ganancia térmica por

efecto de la radiación solar” (p.121). Antecedente que se tiene algunas deficiencias y que no superan los 14 °C.

### 3.2. Marco Teórico

#### 3.2.1. Vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña

Son módulos habitacionales diseñados para zonas altoandinas de la sierra donde son afectados por fenómenos meteorológicos de heladas, friajes y cambios bruscos de temperatura. Que ocasionan enfermedades respiratorias en los niños y personas de tercera edad. En su composición tiene un muro estructural de adobe reforzado con caña horizontal y vertical, arriostres horizontales y verticales de acuerdo a la norma E.080, diseño y construcción con tierra reforzada, tiene 02 componentes:

##### a) Componente arquitectónico

Según él (EXPEDIENTE TÉCNICO 1 - PNVR, 2019) menciona: La vivienda rural de muro de adobe reforzado tiene una dimensión de 6.30 m x 5.25 m ocupando un área de 33.075 m<sup>2</sup>, la distribución del módulo habitacional tiene 01 área tapón, 01 área social y 02 dormitorios. En la figura Nro. 2 se muestra vista en isometría la vivienda entregada al poblador rural, acabados, ventanas y puertas.



Figura 2 — Vivienda Rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado

Los **Muros de adobe** son materiales biodegradables, así como se plantea en la revista (*Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la PUCP, 2011*) donde menciona:

Las casas de tierra tienen una alta capacidad de aislamiento acústico y térmico frente a situaciones extremas de frío o calor: son cálidas en invierno y frescas en verano. Su construcción sin consumo de energía agotable las convierte en edificaciones ecológicamente compatibles con la naturaleza.

#### b) **Componente estructural**

Los muros de adobe reforzado con caña son sísmicos, así como se plantea en la revista (*Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la PUCP, 2011*) donde menciona:

El refuerzo más eficiente fue logrado mediante la colocación de cañas verticales enteras al interior de los muros, espaciadas 1 1/2 veces el espesor de los muros, y amarradas a franjas de caña chancada colocadas cada cuatro hiladas de mortero. Las de refuerzo interior de caña natural mejoraron la resistencia y la capacidad de deformación de los muros.

La parte estructural de vivienda rural según él (EXPEDIENTE TÉCNICO 1 - PNVR, 2019) menciona:

Los **muros** son de adobes elaborados artesanalmente por los propios beneficiarios, con medidas 0.40 m x 0.40 m x 0.10 m de espesor y medio adobe para aparejo entre adobes de 0.19 m x 0.40 m x 0.10 m de espesor; la resistencia de los adobes depende de la granulometría de porcentaje de arcilla, limo y arena. Entre el sobrecimiento y el mortero de barro con paja se coloca una capa aislante de asfalto líquido RC 250 para evitar el ascenso del agua hacia la primera hilada de adobe.

En la Figura Nro. 3 se muestra el **proceso constructivo** de los muros, donde tiene una junta de mortero de barro de 2 cm preparado con paja para mejorar su estabilidad, tiene refuerzo vertical con carrizo de 1 pulgada y refuerzo horizontal con carrizo chancado cada 3 hiladas de muro de adobe; en las esquinas tiene amarre los carrizos chancados con hilo nylon, de ello depende la tracción del adobe. Los muros tienen, arriostre vertical tanto exterior e

interior (muretes), en arriostres horizontales presenta viga collar de madera tratada alrededor del muro con fines de confinamiento.



**Figura 3 — Muro de adobe reforzado con carrizo horizontal y vertical**

La estructura del **techo** según al planteamiento del expediente técnico (EXPEDIENTE TÉCNICO 1 - PNVR, 2019) tiene el siguiente diseño:

Cobertura de calamina y correas de madera tratada, con una inclinación de  $18^\circ$ . El armazón es de tijerales de madera en forma de V invertida con una inclinación de  $18^\circ$  asegurados con cartelas en los nodos. Se asegura de las cargas de viento con los amarres de alambre galvanizado Nro. 08, la cobertura de techo a la viga collar y viga collar al muro a 5 hiladas de muro por debajo de viga collar.

### **3.2.2. Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS)**

Son viviendas rurales planteados y diseñados por el Programa Nacional de Vivienda Rural para zonas altoandinas; tiene doble muro de ladrillos blocker con poliestireno expandido (EPS) como muros no portantes. Su estructura es sistema pórtico vigas y columnas de concreto reforzado, su cobertura es de calamina a dos

aguas, tiene vereda exterior todo el perímetro, ventanas, contraventanas, puertas, canaleta pluvial, ventana cenital y estufa a carbón. Tiene 02 componentes:

**a) Componente arquitectónico**

Según el expediente técnico (EXPEDIENTE TÉCNICO 2 - PNVR, 2019) menciona: El módulo habitacional tiene un área construida de 26.25 m<sup>2</sup>, en su distribución interior tiene 02 dormitorios, 01 espacio social, 01 área tapón y vereda exterior. Así como se muestra en la figura Nro. 4 vista isométrica de la vivienda rural.



**Figura 4 — Vivienda Rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con EPS**

Extraído de: <https://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=781637>

Material aislante **Poliestireno expandido o Tecnopor (EPS)** se fabrica de petróleo, se caracteriza por tener propiedades térmicas, así como define (Corporación de desarrollo tecnológico CDT, 2015) “es una espuma rígida formada por numerosas perlas, por medio de las cuales se distribuye y retiene una gran cantidad de aire, el que le da una alta capacidad de aislación térmica” (p.80). Se utiliza como aislante térmico por baja conductividad térmica y bajo costo.

A continuación, en la tabla Nro. 2 se muestra las propiedades de densidad y conductividad térmica de transporte de calor, de algunos materiales que intervienen en vivienda rural Sumaq Wasi.

**Tabla 2 — Propiedades de densidad y conductividad térmica de los materiales**

Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m-K)
Adobe	1100 - 1800	0.90
Concreto armado	2400	1.63
Concreto simple	2300	1.51
Ladrillo tipo king kong	1000	0.47
Ladrillo hueco de techo	600	0.35
Ladrillo pandereta	900	0.44
Poliestireno expandido	10	0.0430
Poliestireno expandido	20	0.0384

Extraído de: (NTP EM 110, 2014)

### b) Componente estructural

En la parte estructural tiene un sistema de pórtico, contiene vigas y columnas de concreto reforzado, así como en él (EXPEDIENTE TÉCNICO 2 - PNVR, 2019) plantea:

Tiene **muros** de doble muro de ladrillos de 0.10 m x 0.20 m x 0.30 m tipo blocker; como aislante térmico utiliza poliestireno expandido (EPS) de densidad 10 kg/m<sup>3</sup> espesor 2 pulgadas, así como se muestra en la figura Nro. 5, en **alfeizar** de las ventanas tiene muro confinado por viguetas y columnetas de concreto reforzado de acero de 3/8" y estribos de 6 mm, con resistencia a la compresión de  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>, mientras en **columnas** utiliza aceros de 3/8" para verticales y 8 mm para estribos y en **vigas** tiene acero de refuerzo

horizontal de  $\frac{1}{2}$ " y estribos de 6 mm, con resistencia a la compresión de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ .



**Figura 5 — Muro estructural de doble muro de ladrillo con EPS**

La cobertura del techo según el expediente técnico (EXPEDIENTE TÉCNICO 2 - PNVR, 2019) plantea:

**Tijerales** de madera tratada con preservante y barnizado en forma “V” en la unión cumbrera se refuerza con cartelas y clavos, para empotramiento de los tijerales hacia los muros se realiza con angular platina  $8'' \times 3'' \times 1/8''$  y pernos  $3/8'' \times 3''$  para madera y hacia la viga perno expansor  $3/8'' \times 5''$  con tuerca y arandela, tiene una inclinación adecuada y soporte frente a la carga de nieve y carga de viento.

### 3.2.3. Análisis Sísmico lineal

El análisis sísmico lineal según (PEINADO PACHECO, 2022) menciona:

En análisis sísmico lineal se encuentran el análisis estático y análisis dinámico. Estos dos tipos de análisis son adoptados por los códigos de diseño sísmico de diversos países, teniendo como principal ventaja el ahorro de tiempo en el proceso de modelado y análisis; sin embargo, estas son útiles cuando la estructura no incursiona en el rango no lineal, no siendo adecuadas para la estructura cuando

desarrolle grandes deformaciones y desplazamientos durante sismos raros y muy raros (p.30).

En Perú existe la norma E.030 Diseño Sismorresistente que plantea metodologías para realizar análisis sísmico estático y modal espectral; presenta diseño basado en fuerzas, donde se conoce las fuerzas laterales y no el desplazamiento; trabaja en el rango elástico lineal cuando la estructura podría estar inelástica, considera la rigidez independiente de la resistencia, no se conoce su desempeño de la estructura. Viendo las limitaciones de la norma Peruana E.030 Diseño sismorresistente, también (VILLARREAL, 2017) menciona:

El primer sismo es el más intenso; luego, vienen sismos sucesivos denominados “replicas”. La experiencia indica que los dos primeros sismos son casi de la misma magnitud, pero en las Normas de Diseño Sismorresistente no se consideran los sismos sucesivos, peor aún los daños locales generados por el sismo (p.4).

Las normativas se actualizan a medida que la tecnología y las investigaciones avanzan, con la ocurrencia de sismos importantes, se evalúa el comportamiento de las estructuras, el cumplimiento de los objetivos de las normativas de reducción del daño y resguardo de vida, también los errores cometidos durante la ejecución del proyecto.

Experimentalmente, se puede estudiar suelos, comportamiento de materiales, mientras la respuesta sísmica de la estructura es muy compleja, las investigaciones experimentales tienen limitaciones, los resultados se aproximan, en nuestro país aún no se implementó el análisis sísmico por desempeño.

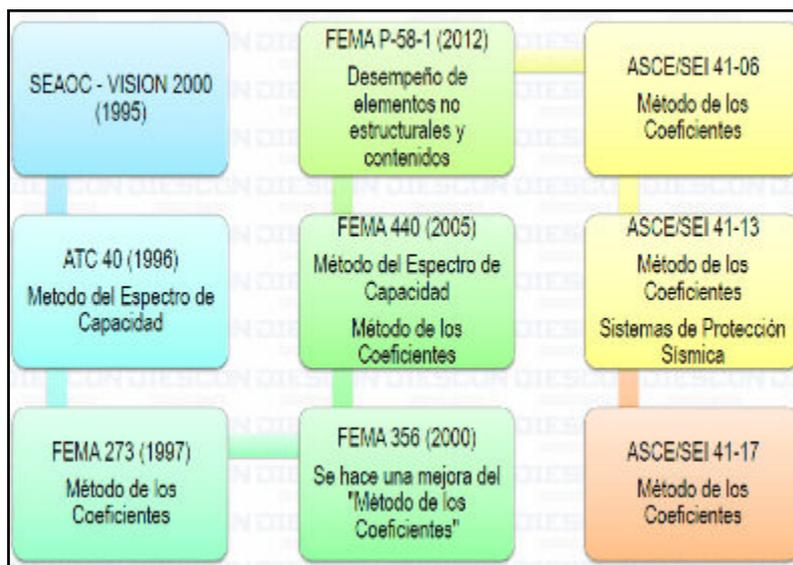
#### **3.2.4. Análisis estático no lineal – Push over**

Es una metodología para determinar el desempeño de la estructura, su estado de daño y amenaza sísmica, mediante una aplicación de carga lateral, incrementado monotónicamente hasta que la estructura alcance máximo desplazamiento y colapsa, así mismo (CONDO COLCHA, 2015) menciona del análisis estático no lineal (Push Over):

Es un método que se emplea para someter a la estructura cargas cíclicas como un sismo, esta sufre desplazamiento lateral y deformación en sus elementos, en este análisis la estructura se somete a un patrón de cargas laterales que se incrementan

de manera monótona hasta que la estructura alcanza su capacidad máxima. Mediante este tipo de análisis es posible determinar la secuencia del agrietamiento, fluencia y falla de cada uno de los elementos que componen la estructura (p.4).

En la figura Nro. 6 se ve el cuadro de evolución de las normativas americanas con la metodología de desempeño sísmico, en la actualidad se considera el método de coeficientes de la norma ASCE/SEI 41-17.



**Figura 6 — Evolución de las normativas americanas**

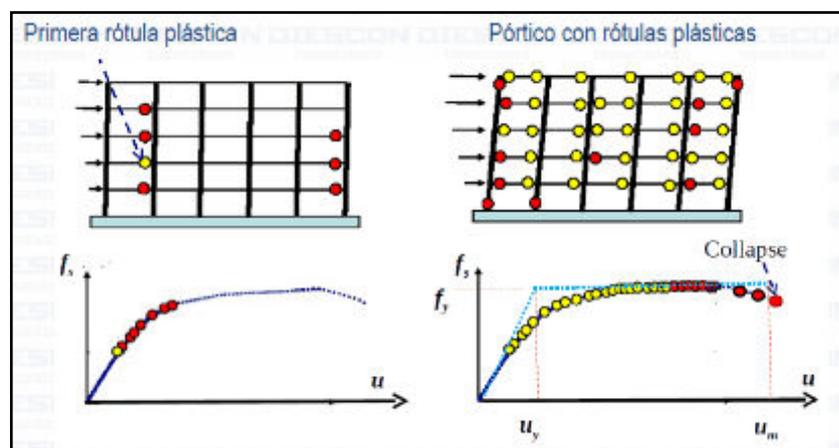
Extraído de: (HUAMANI CAMARGO, 2020)

Los avances en estudio sismorresistente de las viviendas, se dan en los países que tienen desarrollo tecnológico. Estados Unidos siempre fue la referencia de las normativas de nuestro país, tomando como referencia las normativas que mayor trascendencia tuvieron, así como (POLO CAMPOS, 2021) plantea:

ATC 40 “Evaluación sísmica y reacondicionamiento de edificios de hormigón”; SEAOC (1995). “Marco conceptual para el desempeño basado ingeniería sísmica de edificios. Comité Visión 2000”. Actualizado por FEMA 356 “Pre estándar y comentario para la rehabilitación sísmica de edificios” y FEMA 440 “Mejora de los procedimientos de análisis sísmico estático no lineal” y en el también actualizado por el ASCE 41-17 “Evaluación y refuerzo sísmico de Edificios Existentes”, también asevera las nuevas actualizaciones de las normas, que

presentan mejoras de los procedimientos para la implementación del método del espectro de capacidad y el método de los coeficientes, permitiendo obtener mejores resultados (p.4).

En la siguiente investigación se trabajará con la metodología de Análisis Estático No Lineal según la norma ASCE/SEI 41-17 que utiliza el método de los coeficientes. Se determinó el desempeño mediante los parámetros de SEAOC VISIÓN 2000. En la figura Nro. 7 se plantea la generación de curva de capacidad y las rótulas plásticas en vigas y columnas.



**Figura 7 — Curva fuerza-desplazamiento de un edificio usando análisis de push over**

Extraído de: (HUAMANI CAMARGO, 2020)

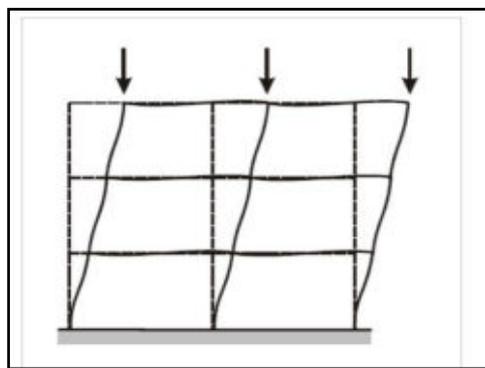
El Análisis Estático No Lineal tiene los siguientes objetivos:

- Encontrar el punto de desempeño de la estructura para los diferentes niveles de amenaza sísmica.
- Evaluar la mejor alternativa en cuanto a la estructuración y comportamiento estructural.
- Encontrar la curva de capacidad para poder determinar la ductilidad de la estructura.
- Determinar los niveles de daño de una edificación, posibles fallas y así poder definir el posible mecanismo de una evaluación estructural.

Para comprobar que el diseño estructural de una edificación sea correcto, deberíamos hallar la ductilidad, ya que por ello no podremos corroborar que nuestra estructura incursionara en el rango inelástico aplicando el factor de reducción sísmica  $R$ . Por ejemplo, la (NTP E.030, 2019) en pórticos considera  $R=8$ , cumple la función de reducir el sismo de diseño para nuestra estructura, que incursione en el rango inelástico. Lo sometemos a una estructura a un sismo de cortante basal de 800 tonf, al aplicar la  $R$  lo vamos a reducir a 100 tonf, (100 tonf va a incursionar en el rango elástico, mientras los 700 tonf va a ser absorbido por la estructura y va a incursionar en el rango inelástico o plástico, a través de liberación de energía, fallas controladas). El estudio del comportamiento inelástico de una estructura se basa en 02 propiedades no lineales:

**a) No linealidad geométrica o efecto  $P - \Delta$**

Se basa en la capacidad de respuesta estructural con relación a su geometría de deformación ocasionada por desplazamientos, rotaciones y grandes deformaciones, ello interactúa con las cargas verticales generando un momento, así como se muestra en la figura Nro. 8 el efecto  $P-\Delta$ .



**Figura 8 —  $P-\Delta$  de la estructura**

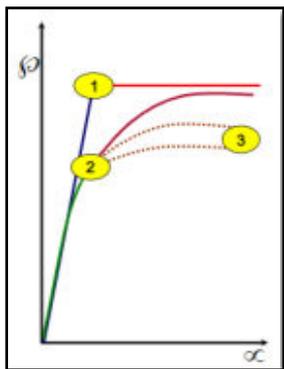
Extraído de: (HUAMANI CAMARGO, 2020)

**b) No linealidad de materiales**

El material se describe a través de relaciones, esfuerzo, deformación por medio de fuerzas internas y esfuerzos que afecta a la estructura, así como (VILLARREAL, 2017) menciona “para cada construcción existe una intensidad límite de sismo,

por el cual, el material empieza a trabajar en un rango inelástico y hasta su colapso transcurren varias etapas de deformación, desde una no – linealidad pequeña hasta su colapso” (p.4).

Como consecuencia de la no linealidad del material con grandes deformaciones se redistribuyen los esfuerzos de una estructura, realizando movimientos de cuerpos elasto-plásticos a plasticidad concentrada o distribuida, así como se muestra en la Figura Nro. 9 los tipos de no lineal del material.



**Figura 9 — Tipos de no lineal del material**

Extraído de: (HUAMANI CAMARGO, 2020)

De la figura planteada 1) se refiere al comportamiento de elasticidad lineal, plasticidad perfecta, 2) Elasticidad no lineal, plasticidad con endurecimiento y 3) viscoplasticidad (creep, consolidación secundaria).

### 3.2.5. Comportamiento no lineal de muros de corte de adobe reforzado

#### a) Alcance

Las viviendas rurales Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña, son viviendas planteadas por el Programa Nacional de Vivienda Rural, en función a la normativa peruana E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada teniendo el alcance (NTP E.080, 2017) de:

Para viviendas de adobe y tapial reforzado, debiendo cumplirse la filosofía del diseño sismorresistente; para sismos leves pueden aparecer fisuras en los muros; sismos moderados, las fisuras aparecen y deben ser contrarrestados por los refuerzos sin daños a los ocupantes y daños mínimos reparables;

sismos fuertes presenta daños estructurales de fisuras y deformaciones evitándose la ocurrencia de fallas frágiles y colapsos.

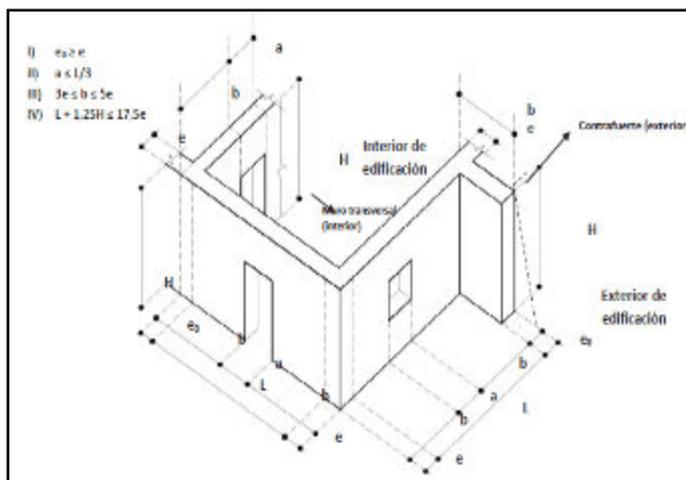
Según la filosofía de diseño sismorresistente, la vivienda de adobe reforzado con caña sigue operativo frente a sismos leves, moderados y fuertes, no ocurre el colapso hasta el resguardo de los habitantes. El estudio de investigación tiene el propósito de conocer el desempeño sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi, de adobe reforzado mediante ASCE/SEI 41-17 obteniendo curva de capacidad, curva bilineal, punto de desempeño que se genera al aplicar fuerza incremental lateral originando desplazamiento y posterior falla frágil o colapso.

#### **b) Consideraciones generales Norma E.080**

Verificando el expediente técnico y la normativa presenta consideraciones importantes para realizar el análisis sísmico (NTP E.080, 2017):

Para zonas sísmicas 4 y 3 un solo piso, zona sísmica 2 y 1 hasta dos pisos. En criterios de configuración estructural plantea espesor de muros mínimo de 0.40 m, debe tener arriostres en los muros verticales (contrafuerte o muros transversales) pueden construirse hacia el exterior o interior de la edificación y arriostres horizontales (entre pisos y techos) viga collar en la parte superior. Tener una configuración simétrica a los ejes, el uso de los materiales y la técnica constructiva deben ser continuas y homogéneas, refuerzos en dos direcciones (horizontales y verticales) densidad de muros para controlar los desplazamientos y sufrir colapsos parciales.

Se cumple los límites geométricos, así como se muestra en la figura Nro. 10, (e: espesor de muro, H: altura libre de muros, L: distancia entre arriostres verticales, a: ancho de vanos, b: distancia de vano a contrafuerte o a la esquina.



**Figura 10 — Límites de configuración estructural**

Extraído de: (NTP E.080, 2017)

La normativa plantea sobre los métodos de análisis sísmico lineal y no lineal, así como indica (NTP E.080, 2017); “los métodos de análisis deben estar basados en comportamientos elásticos del material, sin perjuicio que se puedan utilizar criterios de comportamiento inelástico” (p.7).

Según la norma (NTP E.080, 2017) plantea el cálculo de fuerza horizontal, con la siguiente ecuación (1):

$$H = S \cdot U \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Donde:

S: Factor de suelo según lo indicado en la tabla Nro. 3.

U: Factor de uso según lo indicado en la tabla Nro. 4.

C: Coeficiente sísmico según lo indicado en la tabla Nro. 5.

P: Peso total de la edificación (CM+50%CV)

**Tabla 3 — Factor de suelo (S)**

Tipo	Descripción	Factor de suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible $> 0.3 \text{ Mpa}$ ó $3.06 \text{ kg/cm}^2$ .	1.0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible $> 0.1 \text{ Mpa}$ ó $1.02 \text{ kg/cm}^2$ .	1.4

Extraído de: (NTP E.080, 2017)



**Tabla 4 — Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación**

<b>Tipos de Edificaciones</b>	<b>Factor de Uso (U)</b>	<b>Densidad</b>
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.080 Transporte y Comunicaciones	1.4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080	1.2	12%
Vivienda: Unifamiliar y multifamiliar tipo quinta	1.0	8%

Extraído de: (NTP E.080, 2017)

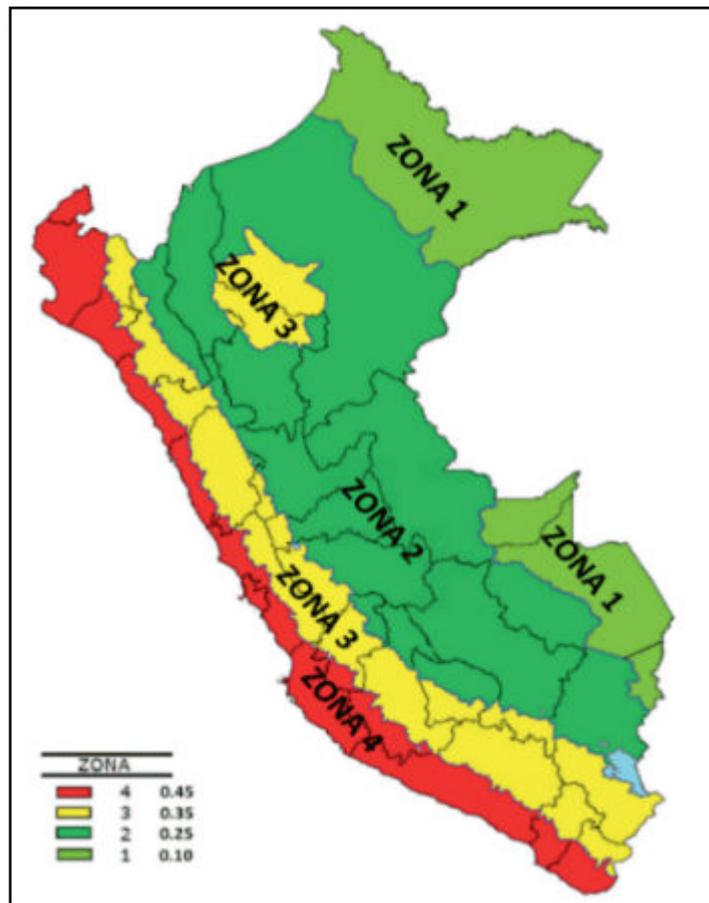
**Tabla 5 — Coeficiente sísmico por zona sísmica para tierra reforzada**

<b>Zona Sísmica</b>	<b>Coeficiente Sísmico (C)</b>
<b>4</b>	<b>0.25</b>
<b>3</b>	<b>0.20</b>
<b>2</b>	<b>0.15</b>
<b>1</b>	<b>0.10</b>

Extraído de: (NTP E.080, 2017)

Según la Norma (NTP E.030, 2019) menciona: El territorio nacional se considera dividido en 04 zonas, así como se muestra en la figura Nro. 11, la zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica.





**Figura 11 — Mapa de zonificación sísmica**

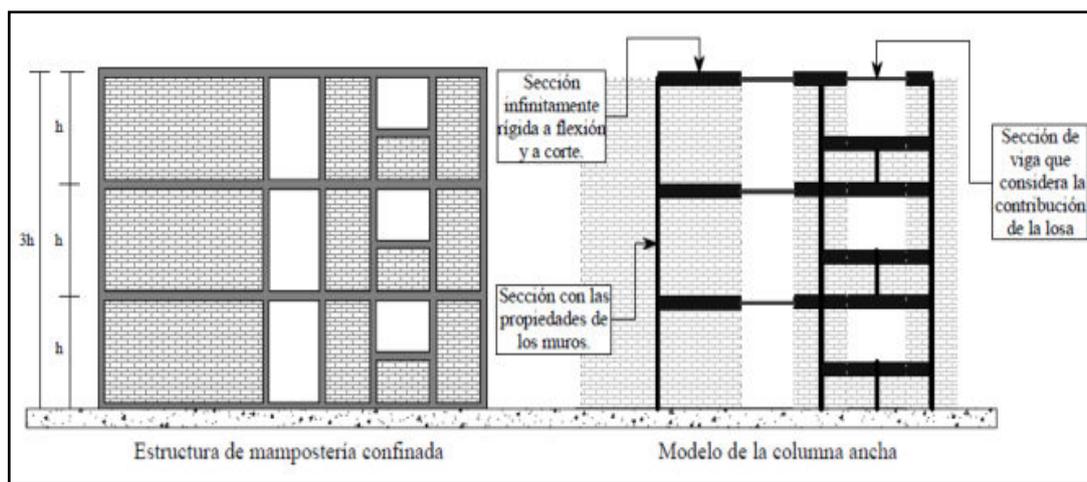
Extraído de: (NTP E.030, 2019)

### c) Metodología de análisis no lineal para muros de corte

No existe una metodología normada para realizar análisis sísmico no lineal para muros de adobe reforzado con caña, lo más adecuado para obtener resultados más aproximados, es realizar el ensayo experimental cíclico de cargas laterales incrementales para determinar su curva de capacidad esfuerzo vs deformación, la ductilidad del muro, basándose en criterios de aceptabilidad, momentos de rotación y nivel de desempeño generando modelo analítico.

Existe metodologías para realizar análisis no lineal para muros de mampostería; se opta por el método por columna ancha equivalente, así como se muestra en la figura Nro. 12. Según (ZUÑIGA CUEVAS, y otros, 2008) “una ventaja de utilizar el modelo de la columna ancha es que las propiedades

a corte y a flexión de los muros dependen directamente de las propiedades geométricas de sus secciones y de las propiedades mecánicas de la mampostería” (p.32). El muro de adobe reforzado con caña tiene semejante comportamiento que muro de mampostería, tiene arriostres verticales y horizontales, para su análisis se realiza como elemento línea por cada muro con sus propiedades de no lineal, geométrico y material. Al elemento se le asigna una rótula de corte concentrada tipo articulación para formular una rótula por corte.

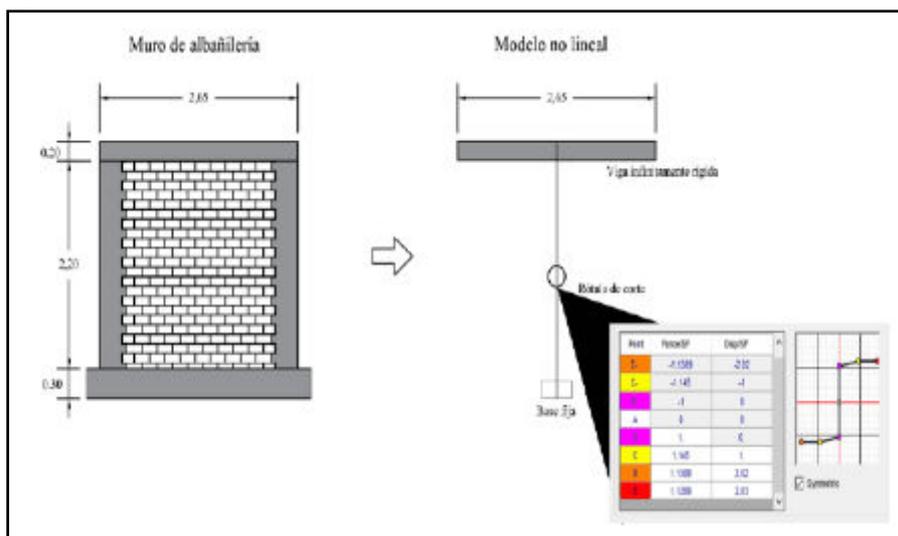


**Figura 12 — Modelo de la columna ancha para el análisis de mampostería**

Extraído de: (ZUÑIGA CUEVAS, y otros, 2008)

Los muros se idealizan como columnas anchas ubicadas en el eje centroidal del muro, donde incluyen las deformaciones por cortante (vigas), las vigas que se encuentran dentro de la mitad de muro modelado como columna ancha son infinitamente rígidas a flexión. Así como plantea (HUACO, y otros, 2020):

La idealización del modelo matemático no lineal del muro de albañilería se realizó mediante un elemento frame de concreto, se le asignó una rótula de corte a media altura en su dirección lateral de deformaciones con las propiedades de la curva de capacidad del muro ensayado. Adicionalmente, se idealizó el modelo de una viga con rigidez infinita sobre el elemento frame, así como se muestra en la figura Nro. 13.



**Figura 13 — Muro de albañilería y su modelo equivalente**

Extraído de: (HUACO, y otros, 2020)

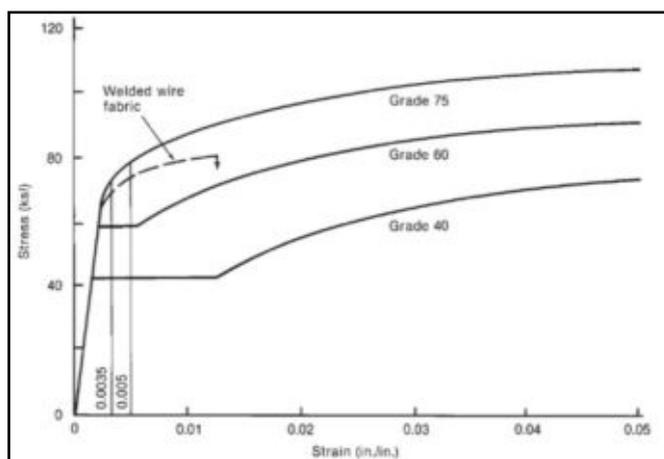
La validación del modelo no lineal equivalente de muro de adobe reforzado con caña se calibrará al software ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, los datos obtenidos de ensayo experimental de (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017) y criterios de aceptabilidad confiable de la comparativa de curva de capacidad experimental y computacional.

### 3.2.6. Comportamiento no lineal de concreto armado

#### a) Relaciones constitutivas de barras de acero de refuerzo

Cuando al acero corrugado se somete a fuerzas uniaxiales de tracción, su propiedad constitutiva está basado a resistencia elástica, resistencia última y plasticidad del material, límite de fluencia, resistencia a la tracción, alargamiento y doblado.

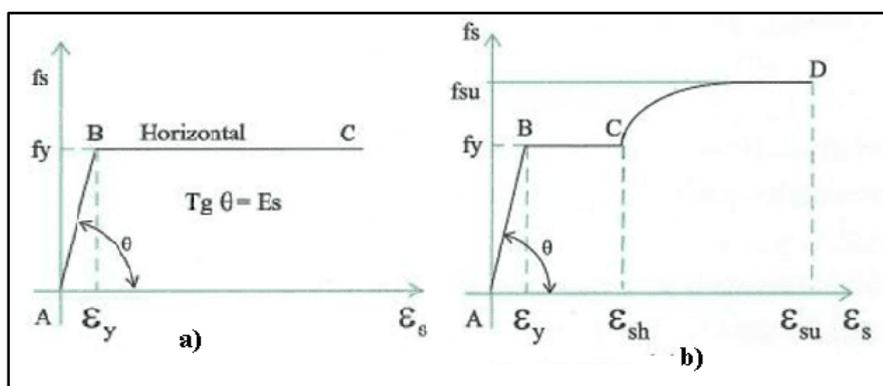
En la figura Nro.14 se muestra el diagrama de esfuerzo – deformación de acero, grado 40, grado 60 y grado 75; las varillas Grado 40 muestran una platea de fluencia pronunciada, en grado 60 es mucho más corto y es más dúctil.



**Figura 14 — Curvas esfuerzo – deformaciones típicas**

Extraído de: (OTAZZI, 2014)

En la figura Nro. 15-a, se muestra la idealización de la curva esfuerzo deformación, utilizando ley de Hooke comportamiento elástico hasta la fluencia de acero, la fluencia del acero es constante, así como menciona (ORTEGA, 2015); “la curva se simplifica idealizando como dos líneas rectas, ignorando la resistencia superior de cedencia y el aumento en el esfuerzo debido al endurecimiento por deformación” (p.36). En la figura Nro. 15 - b, muestra las idealizaciones más cercanas de la curva de esfuerzo y deformación del acero, zona elástica, zona de fluencia, endurecimiento y estricción por deformación, por ello se requiere una función constitutiva que relacione la curva esfuerzo - deformación.



**Figura 15 — Relaciones idealizadas esfuerzo deformación del acero de refuerzo**

Extraído de: (ORTEGA, 2015)

a) **Modelo elastoplástico perfecto, b) Modelo elastoplástico con endurecimiento curvo.**

Para considerar la zona de endurecimiento de la barra de refuerzo se utilizará el modelo propuesto por Park y Paulay (1975) por la facilidad, de que los programas computacionales ya vienen calibrados, donde realizan una aproximación de la curva esfuerzo deformación mediante las ecuaciones (2), (3), (4) y (5).

Zona elástica:

$$\varepsilon_s \leq \varepsilon_y, f_s = E_s * \varepsilon_s \quad (2)$$

Zona de fluencia

$$\varepsilon_y \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}, f_s = f_y \quad (3)$$

Zona de endurecimiento por deformación

$$\varepsilon_{sh} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}, f_s = f_y * \left[ \frac{m*(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) + 2}{60*(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) + 2} + \frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh})*(60 - m)}{2*(30*r + 1)^2} \right] \quad (4)$$

$$m = \frac{\left(\frac{f_{su}}{f_y}\right)*(30*r + 1)^2 - 60*r - 1}{15*r^2}, r = \varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh} \quad (5)$$

Donde:

$f_y$  : Esfuerzo de fluencia.

$f_{su}$  : Esfuerzo de rotura.

$\varepsilon_y$  : Deformación de fluencia.

$\varepsilon_{sh}$  : Deformación de inicio de endurecimiento.

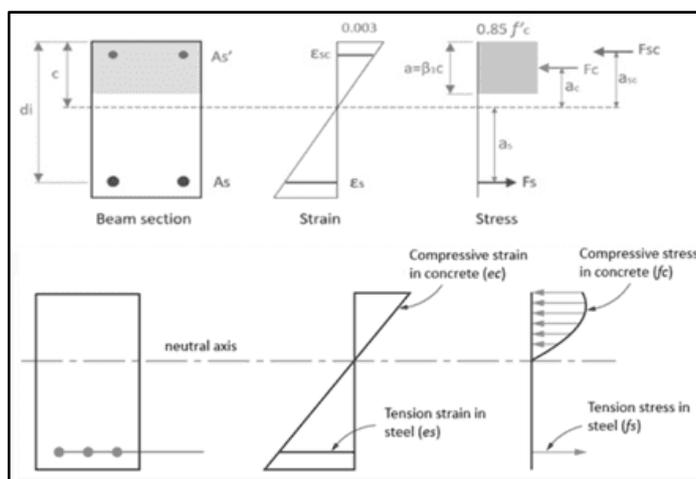
$\varepsilon_{su}$  : Deformación de rotura.

b) **Relaciones constitutivas del concreto**

El concreto como propiedad mecánica trabaja a compresión, la capacidad de soportar una carga por unidad de área ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ ). Los resultados dependen de la proporción de mezcla agregado grueso, piedra chancada, cemento y agua.



En la figura Nro.16 en la parte superior, plantea el modelo idealizado de Whitney, la distribución de esfuerzo se simplifica en un rectángulo equivalente, no considera las propiedades no lineales, en la parte inferior muestra la distribución de esfuerzo real no lineal que representa matemáticamente al comportamiento del concreto en compresión.



**Figura 16 — Sección sometida a flexión simple o compuesta Arriba: propuesto simplificado Whitney, abajo: distribución de esfuerzo real “no lineal”**

Extraído de: <https://skyciv.com/es/technical/how-to-calculate-the-moment-capacity-of-a-rc-beam/>

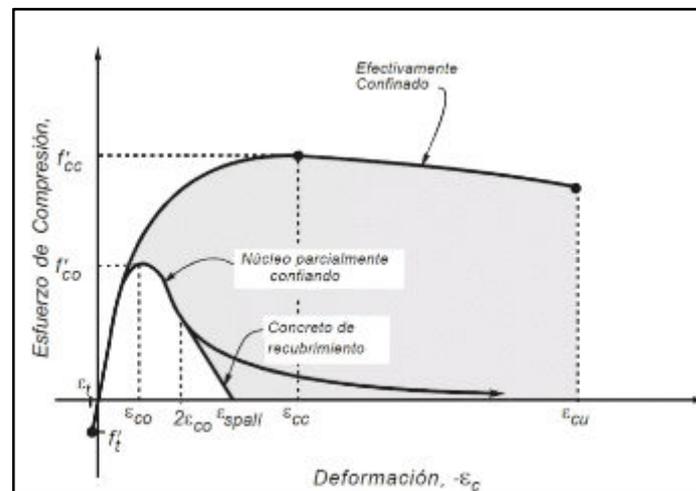
En la presente investigación el concreto confinado se realizará con el modelo Mander (1988) por la facilidad que ya vienen calibrados en los programas computacionales.

### c) Modelo para concreto confinado Mander

Según (MORENO PIZA, 2017) menciona: Es aplicable a concreto no confinado y confinado. El modelo considera que el efecto del confinamiento incrementa la capacidad de deformación y a la resistencia a la compresión del concreto. En este modelo, la deformación unitaria última o de falla del concreto, se presenta cuando se fractura el refuerzo transversal y, por tanto, este refuerzo ya no es capaz de confinar el núcleo de concreto, por lo que las deformaciones transversales del núcleo del concreto tenderán a ser muy grandes (p.17).



Se mejora las propiedades de concreto en su ductilidad, así como se muestra en el gráfico Nro. 17 comparaciones de curvas de esfuerzo – deformación para concreto confinado, parcialmente confinado y no confinado.



**Figura 17 — Comportamiento de concreto confinado y no confinado**

Extraído de: (MANDER, y otros, 1988)

Las relaciones esfuerzo deformación del concreto confinado, parcialmente confinado y sin confinar, se describen por una sola curva expresada por las siguientes ecuaciones (6) y (7):

$$f_c = \frac{f'_{cc} * x * r}{r - 1 + x * r}, \quad r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}, \quad x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}}, \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} \quad (6)$$

$$\epsilon_{cc} = \epsilon_{co} * \left[ 1 + 5 * \left( \frac{f_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \quad (7)$$

$f_{cc}$  = Resistencia a la compresión máxima del concreto confinado.

$f'_c$  = Resistencia a la compresión máxima del concreto sin confinar.

$\epsilon_{co}$  = Deformación asociada a la resistencia máxima del concreto  $f'_c$ .

$\epsilon_{sp}$  = Deformación última asociada al desprendimiento del recubrimiento del concreto.

$\epsilon_{cc}$  = Deformación unitaria del concreto simple asociada al esfuerzo

máximo confinante.

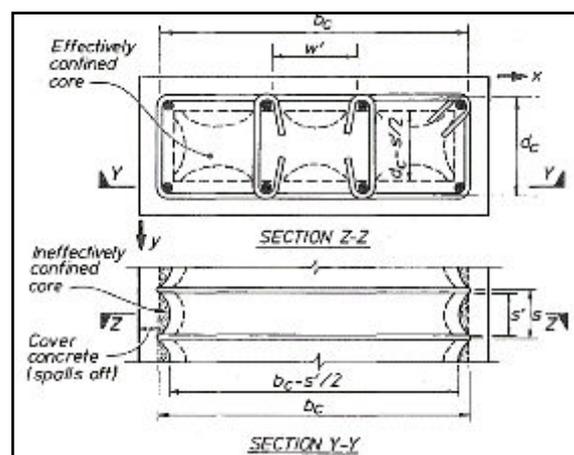
$E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto no confiando.

$E_{sec}$  = Módulo secante del concreto confinado asociado al esfuerzo máximo confinante.

$r$  = Pendiente de la curva.

La resistencia máxima  $f_{cc}$  depende de la fuerza efectiva de confinamiento  $f_{le}$  y del tipo de estribo.

El comportamiento del concreto con refuerzo transversal; existen tres regiones de confinamiento, así como se muestra en la figura Nro. 18, concreto no confinado, concreto confinado parcialmente efectivo y núcleo efectivo de concreto confinado.



**Figura 18 — Núcleo efectivamente confinado para refuerzo de aros rectangulares**

Extraído de: (MANDER, y otros, 1988)

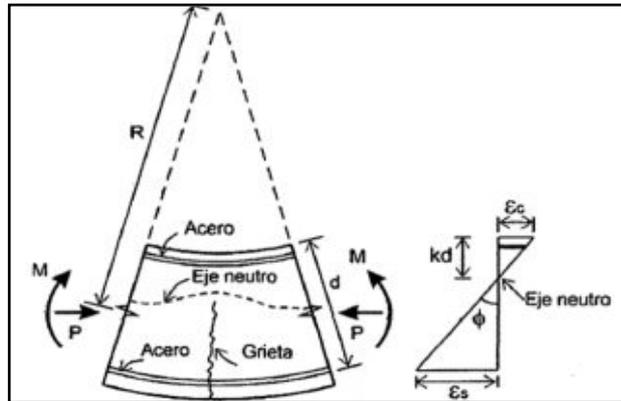
Cuando se forma una articulación plástica en una sección crítica del elemento estructural, generalmente se pierde el recubrimiento (región de concreto no confinado).

La capacidad de deformación axial de la zona de concreto parcialmente confinado depende de la deformación lateral del refuerzo transversal (estribos), en vigas y columnas, para evitar un pandeo prematuro del acero. Es decir, el espaciamiento  $S$  controla el pandeo inelástico del acero.



### 3.2.7. Curvatura de elementos de concreto armado

Es el análisis de una sección de concreto armado, bajo la acción de momento y fuerzas axiales, así como se muestra en la figura Nro. 19, donde la curvatura está definida como la inversa de radio medida hasta el eje neutro de la curvatura y se determina por la siguiente ecuación (8).



**Figura 19 — Curvatura de sección de concreto armado**

Extraído de: (Park y Paulay, 1983)

$$\phi = \frac{1}{R} = \frac{\epsilon_c}{k*d} = \frac{\epsilon_s}{d*(1-k)} = \frac{\epsilon_c + \epsilon_s}{d} \quad (8)$$

Donde:

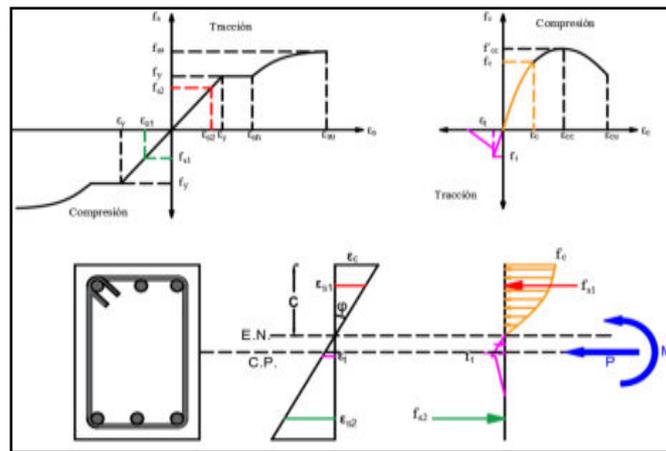
$\epsilon_c$  = deformación unitaria del concreto.

$\epsilon_s$  = deformación unitaria de acero.

#### a) Diagrama momento curvatura

Según (PEINADO PACHECO, 2022) menciona: con el uso de modelos constitutivos del concreto y del acero de refuerzo, se pueden obtener diagramas de momento - curvatura, de las secciones de elementos de concreto armado en la suposición de que las secciones permanecen planas, la compatibilidad de deformaciones y el equilibrio de fuerzas (p.77).

Así como se muestra en la figura Nro. 20 momento curvatura de acero y concreto armado.

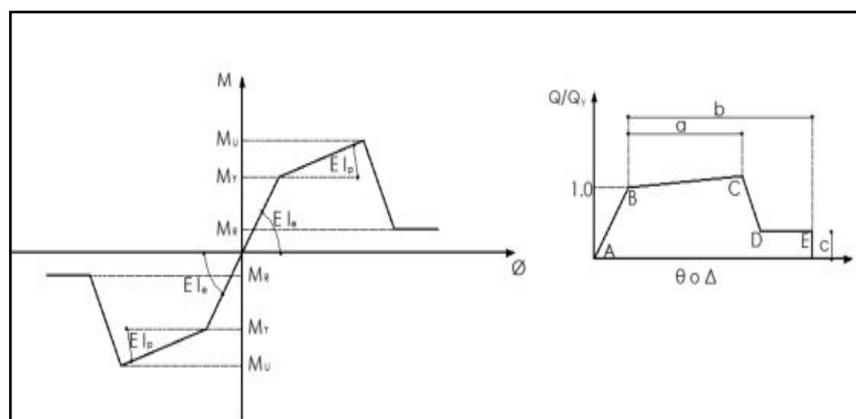


**Figura 20 — Determinación del momento y curvatura de una sección de concreto armado**

Extraído de: (PEINADO PACHECO, 2022)

En el artículo (*Diagrama momento - curvatura y momento - rotación para elementos de hormigón armado y acero con ASCE/SE 41 y sistema de computación CEINCI-LAB, 2015*) menciona:

Para el análisis no lineal de estructuras, es necesario conocer el diagrama momento – rotación o el diagrama momento – curvatura, para las vigas y columnas de hormigón armado se necesita conocer el diagrama fuerza – desplazamiento. El ASCE/SE 41-17, proporciona tablas que facilitan el cálculo de estos diagramas, así como se muestra en la figura Nro. 21 (p.203).



**Figura 21 — Relaciones momento curvatura y modelo de ASCE/SEI 41-17**

Extraído de: (MANDER, y otros, 1988).

**b) Rotación de la articulación plástica**

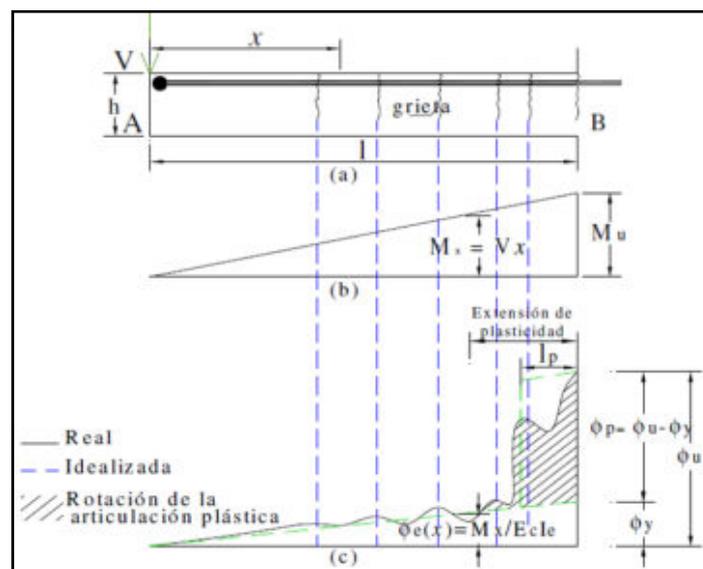
En la figura Nro. 22 se muestra viga en volado donde el comportamiento inelástico se ubica en el extremo derecho elemento empotrado, cerca de la cara del nudo  $L_p$  el daño no es uniforme, matemáticamente el ancho es la longitud equivalente de la articulación plástica en que se considera constante la curvatura plástica y está definida por las ecuaciones (9) y (10).

$$\text{Altura} = \phi_u - \phi_y \tag{9}$$

$$\text{Ancho} = l_p \tag{10}$$

La rotación de la articulación plástica aun lado de la sección critica es definida por la siguiente ecuación (11):

$$\theta_p = (\phi_u - \phi_y) * l_p \tag{11}$$



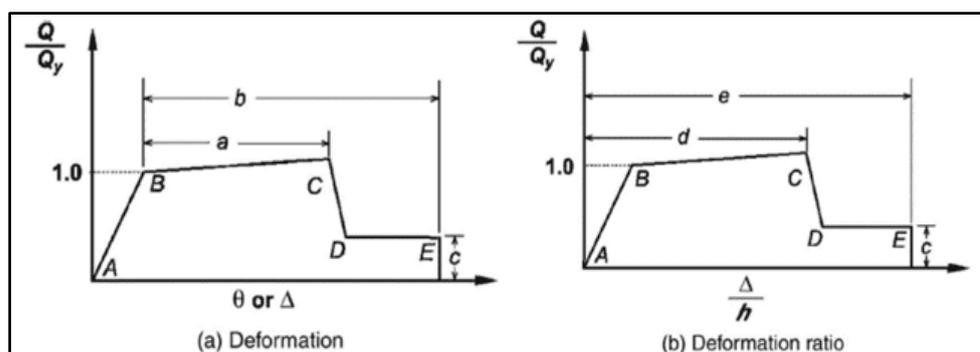
**Figura 22 — Longitud de rótula plástica**

Extraído de: (PARK y PAULAY, 1988).

**c) Diagrama idealizados Momento Rotación de ASCE/SEI 41-17**

La normativa (ASCE/SEI 41-17, 2017) plantea: La relación carga - deformación que se muestra en la figura Nro. 23, son curvas que definen el comportamiento que debe ser permitido bajo deformación creciente monotónica, se describirá mediante respuesta lineal o pendiente elástica A (componente de descarga), a un rendimiento efectivo B; representa la fluencia de los elementos, luego una respuesta lineal de rigidez reducida desde el punto B a C pendiente post fluencia endurecimiento; C resistencia del componente, corresponde a la deformación en la que comienza la degradación de la resistencia significativa, luego reducción de fuerza repentina de fuerza sísmica al punto D, degradación de resistencia, representa la falla inicial del elemento y resistencia a las cargas laterales más allá del C es por lo general poco fiable, luego respuesta a resistencia reducida a E resistencia residual de los elementos para sostener cargas de gravedad y pérdida final de resistencia (p.147).

Plantea diagramas de momento – rotación idealizados a, b, c, d y e que son límites (distorsiones o derivas y rotaciones plásticas) que las normativas proponen mediante tablas con los resultados de ensayos experimentales, para determinar el desempeño de la estructura.



**Figura 23 — Diagrama Fuerza -Deformación y Fuerza -Razón de deformación**

Extraído de: (ASCE/SEI 41-17, 2017)

**3.2.8. Modelamiento no lineal de elementos de una estructura**

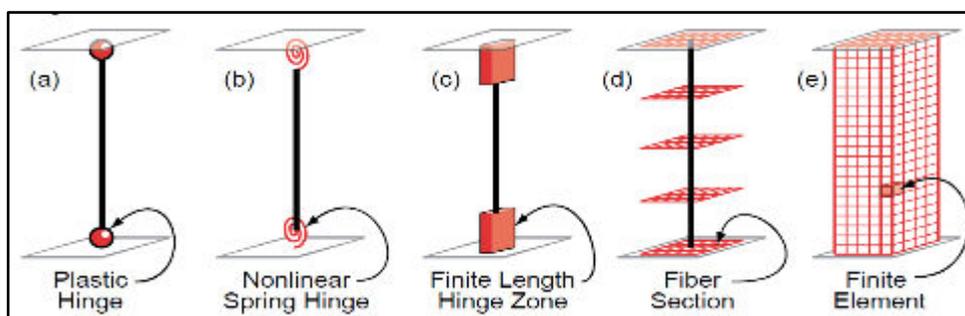
Se basa en comportamiento inelástico de vigas y columnas, se debe tener en cuenta los parámetros de aceptación que debe cumplir ciertos criterios para escoger un



tipo de modelamiento estructural, se toma en cuenta el balance entre la representación de la realidad, practicidad y eficacia computacional. Donde el modelo más óptimo depende de muchos factores como, el sistema estructural, el comportamiento estructural, la no linealidad esperada y el nivel de detalle del ingreso y salida de datos. Según el autor (DEIERLEIN, y otros, 2010) plantea:

Los modelos de componentes estructurales inelásticos se pueden diferenciar por la forma en que la plasticidad se distribuye a través de las secciones transversales de los miembros y a lo largo de su longitud, así como se muestra en la siguiente figura Nro. 24 los 05 tipos de modelos idealizados para simular la respuesta inelástica elemento viga – columna.

En la figura Nro. 24 se plantea dos tipos de modelamiento de plasticidad concentrada y distribuida, depende del nivel de profundidad del modelado, parámetros de calibración y recursos computacionales; en (a) son modelos idealizados en un punto de unión o articulación de dos elementos, donde se concentran al final del elemento con parámetros de momento rotación, a este modelo pertenece una rótula rígido plástico; en (b) concentra su deformación inelástica al final del elemento, de tipo resorte inelástico con propiedades histeréticas; en (c) son de plasticidad distribuida, con articulación de dos elementos de longitud infinita designados en los extremos de los miembros, se caracterizan por relaciones de momento – curvatura; en (d) modelo tipo fibra distribuida, no forman rotaciones de unión o articulación plástica, son modelos que distribuyen deformaciones en las fibras de sección transversal de acero y concreto; y en (e) modelo de elementos finitos, son modelos más complejos con propiedades constitutivas histeréticas no lineales.



**Figura 24 — Modelos idealizados de elemento viga – columna a) y b) plasticidad concentrada y c), d) y e) plasticidad distribuida.**

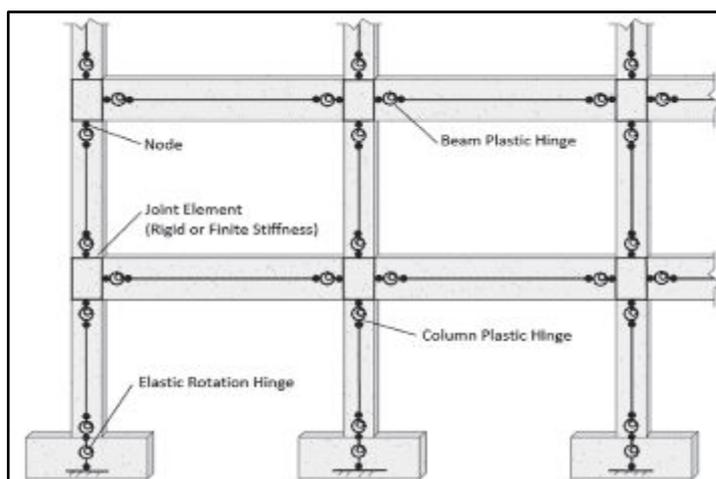
Extraído de: (Deierlein, y otros, 2010)

Existen dos métodos de modelamiento de tipo plasticidad concentrada y modelamiento tipo plasticidad distribuida.

#### a) Modelamiento con plasticidad concentrada

Según la publicación (NIST, 2017) comenta: Los modelos de articulación concentrada, son los que se usan más comúnmente para simular la respuesta general de los pórticos resistentes al momento de concreto armado, porque son bastante sencillos de calibrar y capturar el comportamiento no lineal; desde el inicio de la fluencia hasta la degradación de la resistencia y la rigidez por el pandeo de las barras de refuerzo y otros efectos.

La figura Nro. 25 muestra un modelo idealizado de un marco donde se insertan articulaciones concentradas en ubicaciones que se espera que cedan durante el análisis.



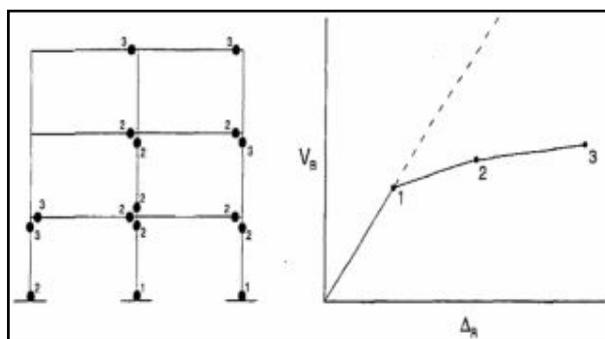
**Figura 25 — Idealización concentrada del modelo de línea central de articulación de portico de concreto armado**

Extraído de: (NIST, 2017).

Es efecto de no linealidad del material, que su comportamiento se representa por medio rótulas plásticas, los cuales se generan en zonas específicas del elemento, así como se muestra Figura Nro. 25, cuya característica fundamental es el punto de concentración de la deformación elástica; donde la sección no es capaz de

absorber mayor momento a flexión y empieza únicamente a rotar, donde varía de acuerdo a la conexión entre elementos y características de la sección estructural.

En la figura Nro. 26 se observa cómo se genera la rótula plástica en concreto armado.



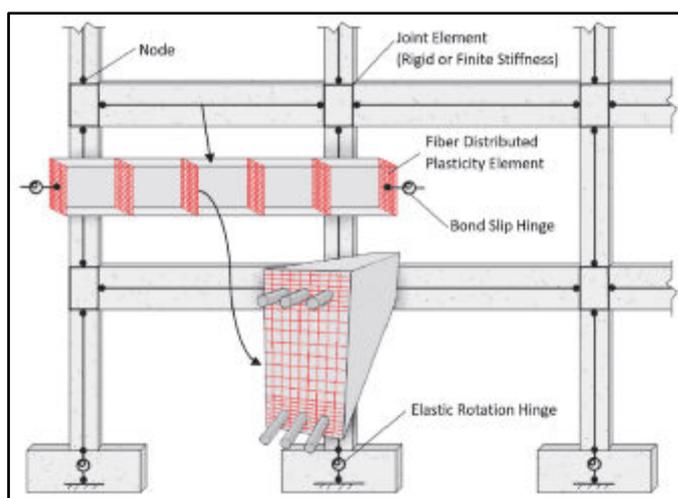
**Figura 26 — Mecanismo de origen de rótulas plásticas y curva de capacidad**  
Extraído de: (HUAMANI CAMARGO, 2020)

#### b) Modelamiento con plasticidad distribuida tipo fibra

Los elementos tipo fibra se utilizan para simular uniones de viga - columna, losa - columna, simula el comportamiento de flexión de los elementos de pórticos de concreto armado, así como (VERRI, 2003) menciona:

Para llevar el proceso de calibración se basará en un modelamiento de plasticidad tipo fibra, donde un modelo de fibras se utiliza para estimar numéricamente el comportamiento de secciones con materiales no lineales, en el cual se considera la discretización de un número finito de fibras con características geométricas y mecánicas equivalentes al material de la sección diferencial analizada. Cada fibra de la sección tendrá asociada una ecuación constitutiva según corresponda.

En la figura Nro. 27 se muestra la discretización de una sección de hormigón armado mediante fibras.



**Figura 27 — Idealización distribuida de modelo de tipo fibra de portico de concreto armado**

Extraído de: (NIST, 2017).

### 3.2.9. Curva de capacidad

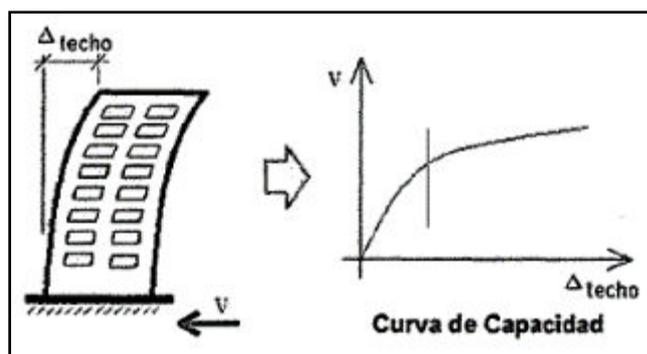
Según el autor (GÓMEZ CHÁVEZ, 2007) menciona: La gráfica de capacidad se puede obtener por medio del análisis estático no lineal PUSH OVER denominado también curva de empuje, consiste en aplicar a la estructura un sistema de fuerzas laterales predeterminado, las cuales se van incrementando monótonicamente, desarrollándose una curva cuyas ordenadas son el cortante basal y sus abscisas los desplazamientos laterales del último piso (azotea) (p.171).

Donde cada punto de la curva señala el estado de daño y funcional de la estructura, así mismo (BUSSO DIAZ, y otros, 2015) menciona:

La curva de capacidad de la estructura puede ser representada por una curva PUSH OVER. Esta representa la relación entre la fuerza cortante en la base de la estructura y el desplazamiento máximo asociado en el tope de la misma, por lo general se usa un patrón de distribución de la fuerza lateral, a lo largo del eje vertical del edificio, que corresponde a la primera forma modal (p.49).

Se muestra en la figura Nro. 28 el origen de deformación lateral y curva de capacidad.





**Figura 28 — Representación de la curva de capacidad**

Extraído de: (BUSSO DIAZ, y otros, 2015).

### 3.2.10. Punto de desempeño sísmico

Es el punto de equilibrio entre la respuesta sísmica solicitada y la capacidad de la estructura, para su determinación de este punto existen dos metodologías basadas en el Análisis No Lineal Estático, las cuales son: El método de espectro de capacidad ATC 40 y el Método del Coeficiente de Desplazamiento FEMA 356 y ASCE/SEI 41-17, para determinar el punto de desempeño de los dos módulos habitacionales, se realizará con la metodología de coeficientes de ASCE/SEI 41-17.

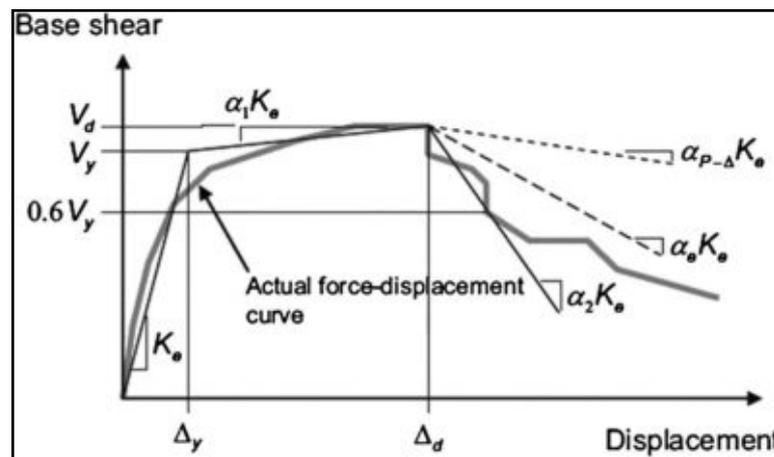
#### a) Método de los coeficientes de ANLE ASCE/SEI 41-17

Dicho método está basado en el análisis estadístico de los resultados de análisis tiempo historia realizados en modelos de un grado de libertad en diferentes tipologías de viviendas. Es la metodología establecida por la norma FEMA 356, FEMA 440 y ahora utilizado en ASCE 41-17, donde no se requiere convertir la curva de capacidad en coordenadas espectrales, el punto de desempeño es equivalente a la llamada desplazamiento objetivo y la demanda de desplazamiento se calcula mediante este método de coeficientes, obteniéndose la linealización o idealización de la curva de capacidad obtenida en dicho análisis estático no lineal.

Según la norma (ASCE/SEI 41-17, 2017):“Es un modelo matemático que incorpora directamente las características no lineales de carga-deformación de los componentes del edificio, deben estar sujetos monótonamente a cargas

laterales crecientes que representan fuerzas de inercia de un terremoto hasta que exceda un desplazamiento objetivo”.

La metodología según (ASCE/SEI 41-17, 2017): Es seleccionar de un nodo control, que debe estar ubicado en el centro de masa en el techo de un edificio, selección de fuerza sísmica donde las cargas laterales deben aplicarse al modelo matemático en proporción a la distribución de masa en el plano de cada diafragma de piso, determinación del periodo fundamental y aplicación del procedimiento. En la figura Nro. 29 se plantea curva fuerza – desplazamiento idealizado.



**Figura 29 — Curvas idealizadas de fuerza – desplazamiento**

Extraído de: (ASCE/SEI 41-17, 2017)

En la figura 29, para hallar  $K_e$  rigidez efectiva,  $V_y$  fuerza de rendimiento efectiva de la estructura, se idealiza la relación fuerza no lineal y desplazamiento del nodo, donde el primer segmento de la curva empieza en el origen y tiene una pendiente igual a la rigidez lateral,  $K_e$ , donde  $K_e$  se tomará como la rigidez secante, calculada la fuerza cortante que es igual al 60% del límite efectivo de la estructura,  $V_y$  fuerza de rendimiento efectivo que no debe tomar mayor que la fuerza cortante basal máxima en cualquier punto a lo largo de la fuerza- curva. El segundo segmento representa el post-rendimiento pendiente positiva ( $\alpha_1, K_e$ ) determinada por un punto ( $V_d, \Delta_d$ ), se debe equilibrarse las áreas arriba y por debajo de la curva real y el segmento que une esos puntos, donde ( $V_d, \Delta_d$ ) será un punto desplazamiento objetivo calculado. El tercer segmento representará el post-rendimiento de pendiente

negativo ( $\alpha_2, K_e$ ), posterior a la fluencia, donde el punto de la base cortante se degrada el 60% del límite elástico efectivo.

El desplazamiento objetivo según (ASCE/SEI 41-17, 2017): El desplazamiento objetivo se calculará como se especifica en diafragmas rígidos, excepto en otras estructuras, debe ser amplificado por la relación del desplazamiento máximo en cualquier punto del techo al desplazamiento en el centro de masa del techo ( $\delta_{\max}/\delta_{\min}$ ), donde  $\delta_{\max}$  y  $\delta_{\min}$  se basará en un análisis del espectro de respuesta de una maqueta del edificio. Con ello plantea que las estructuras que no tienen diafragma rígido, flexible, se deberían realizar estudios en maqueta.

Según (ASCE/SEI 41-17, 2017) el desplazamiento objetivo  $\delta_t$  en cada nivel de piso se calculará de acuerdo a la siguiente ecuación (12):

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot S_a \cdot \frac{T_e^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot g \quad (12)$$

$T_e$  = periodo fundamental efectivo

$S_a$  = Aceleración del espectro de respuesta

$g$  = Aceleración de gravedad

$C_0$  = Factor de modificación para relacionar el desplazamiento espectral (1GDL)

$C_1$  = Factor de modificación de máxima elástica y desplazamientos

$C_2$  = Factor de modificación efecto de histéresis, degradación de la rigidez y deterioro de resistencia.

### 3.2.11. Desempeño sísmico según VISIÓN 2000

El comité visión 2000 de Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) planteo una metodología de evaluación sísmica de conocer cuál es el

desempeño esperado de la estructura frente a un evento sísmico; así como (AGUIAR, 2003) menciona:

Es fundamental una vez que se ha terminado de diseñar los elementos estructurales, verificar el desempeño que va a tener la edificación ante sismos de menor intensidad y que de seguro se van a registrar durante la vida útil de la estructura, hay que verificar el desempeño en términos estructurales y económicos (p.26).

Según el comité ya incluye el nivel de desempeño de las viviendas al momento de diseñar, donde se busca un mejor comportamiento en rango no elástico frente a un sismo severo y salvar vidas, así mismo menciona (AGUIAR, 2003) sobre la misión del comité VISIÓN 2000 (SEAOC, 1995) “mirar al futuro y desarrollar un marco de referencia para procedimientos que condujesen a estructuras de desempeño sísmico predecible” (p.26); desde su filosofía realizar el análisis estructural donde se pueda conocer la respuesta del comportamiento sísmico esperado, frente a eventos sísmicos severos, considerando en su diseño su respuesta sísmica a lo largo de su vida útil.

En la siguiente tabla Nro. 6 el autor (CUTIMBO, 2016) resume las características de los diferentes niveles de desempeño por el comité VISIÓN 2000 y su relación con los estados de daño general, se resume las propuestas del SEAOC y el ATC.

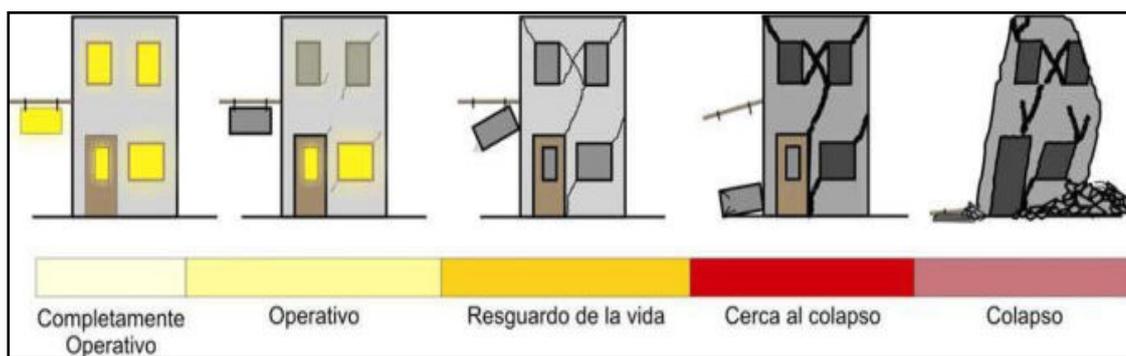


Tabla 6 — Descripción de los estados de daño y niveles de desempeño

NIVEL DE DESEMPEÑO	DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS	ESTADO DE DAÑO	LÍMITE DE DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA
Completamente operativo	Sin daño estructural, se conserva la rigidez y resistencia. Todos los componentes estructurales operan. Las edificaciones están disponibles para su uso normal, prácticamente no existe riesgo de daño alguno a los ocupantes del edificio durante el sismo.	Despreciable	$\Delta y$
Ocupación inmediata	Solamente pequeños daños estructurales, la estructura mantiene casi íntegramente su resistencia y rigidez. Los elementos no estructurales están seguros y los sistemas de seguridad están operables. El riesgo de daño durante el sismo es muy bajo.	Leve	$\Delta y + 0.30\Delta p$
Resguardo de la vida	Daño estructural y no estructural importante, la estructura ha perdido una parte importante de su rigidez original, pero conserva parte de su resistencia lateral y un margen de seguridad contra el colapso. Los componentes no estructurales están seguros, pero podrían no operar, el edificio puede no ser seguro antes de ser reparado. El riesgo de daño durante el sismo es bajo.	Moderado	$\Delta y + 0.60\Delta p$
Cerca al colapso	Se ha producido un daño sustancial en la estructura. La estructura ha perdido casi toda su rigidez y resistencia original y conserva solo un pequeño margen contra el colapso. Los elementos no estructurales pueden terminar fuera de su sitio y estar en peligro de caerse. Probablemente, no resulta práctico reparar la estructura.	Severo	$\Delta y + 0.80\Delta p$
Colapso	Colapso parcial inminente o ya ha ocurrido. No es posible la reparación.	Completo	$\Delta y + 1.00\Delta p$

Extraído de: (SEAOC, 1995)

En la figura Nro. 30 se muestra gráficamente los niveles de desempeño.

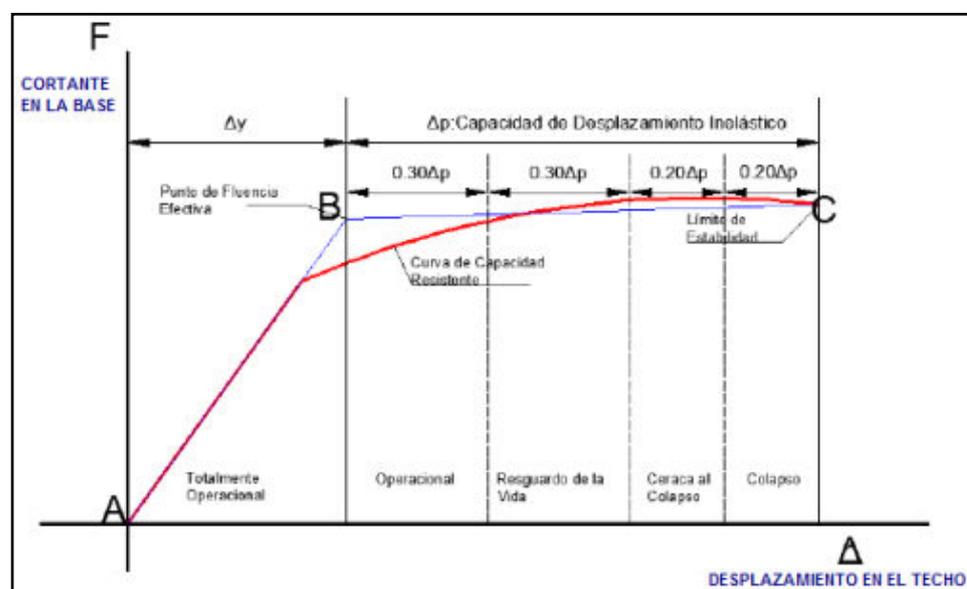


**Figura 30 — Niveles de desempeño**

Extraído de: (MUÑOZ, 2020).

### a) Sectorización de la curva de capacidad

El comité VISIÓN 2000, propone dividir la curva de capacidad en sectores basados en nivel de desempeño, la curva se simplifica a un modelo bilineal y se divide en 5 sectores, 1 lineal y 4 no lineal en desplazamiento inelástico, así como se muestra en la figura Nro. 31 sectorizaciones de curva de capacidad.



**Figura 31 — Sectorización de la Curva de Capacidad**

Extraído de: (CUTIMBO, 2016)

En la presente investigación se hará uso de la tabla Nro. 7 descripción de los estados de daño y niveles de desempeño por VISIÓN 2000, por lo cual se determina el desempeño sísmico de la estructura de la vivienda rural Sumaq Wasi.

### **3.2.12. Análisis Térmico**

Para el análisis térmico es determinante conocer varios factores que intervienen; como, fenómenos meteorológicos propios de la zona y las propiedades térmicas de los materiales que se utiliza en la construcción de vivienda rural Sumaq Wasi de muros de adobe reforzado con caña y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS). La investigación tiene como uno de los objetivos determinar la sensación térmica, mediante la medición de temperatura al interior de la vivienda, para ello se utilizó el instrumento termohigrométrico datalogger. En la presente investigación realizada se limita las propiedades térmicas de los materiales de muros de adobe reforzado, doble muro de ladrillo con poliestireno expandido (EPS) como conductividad, transmitancia, resistencia térmica y algunas propiedades de factores climáticos, viento, horas de sol etc.

Para dar respaldo teórico a la investigación, se detalla en función a las variables de estudio de análisis térmico con la dimensión de sensación térmica.

### **3.2.13. Componentes térmicos de una vivienda**

Los componentes térmicos están basados en las propiedades térmicas de la vivienda, ya que es el factor determinante, así como se plantea (ISO 7730, 2006); “el equilibrio térmico se obtiene cuando la producción interna de calor del cuerpo es igual a su pérdida hacia el ambiente” (p.8); para equilibrar el calor interior del cuerpo humano es influyente la pérdida de calor hacia el exterior que rodea, en los módulos habitacionales depende de los aislantes térmicos que existen, en techo, piso, muros, puertas y ventanas; que ayuda a conservar la energía calorífica almacenada durante el día, que no se pierda rápido por descenso de temperatura exterior o del ambiente.

En las ciudades ubicadas a mayor de 3500 msnm denominado zonas altoandinas, se debe implementar normativas que controlan el confort térmico, así los pobladores mejoran su calidad de vida. En reglamento Nacional de Edificaciones la normativa de confort térmico es reciente, sería recomendable implementar en nuestro país con diseño de confort térmico obligatorio en zona urbana y rural, así como plantea la norma confort térmico y lumínico con eficiencia energética (NTP EM 110, 2014) justifica:

El documento desarrollado se convierte en la primera norma nacional que trata de mejorar, a partir del diseño arquitectónico, las condiciones de confort térmico y lumínico con eficiencia energética de las edificaciones. En tal sentido, a través de tiempo esta norma debe perfeccionarse y actualizarse de acuerdo al desarrollo del país.

Para la conservación de la energía calorífica se requiere conocer varios componentes térmicos, a continuación, se detalla:

**a) Inercia Térmico**

Según (CHAVEZ, y otros, 2021) menciona que “la inercia térmica es la propiedad que indica cuanto de calor puede conservar o almacenar un cuerpo, cederlo en un determinado tiempo o la velocidad con que se pierde”, esta componente se relaciona con aislamiento térmico, que está en función de capacidad de almacenamiento y pérdida de calor.

**b) Sensación Térmica**

Viene ser la sensación que siente una persona de acuerdo a su temperatura, así como (CUÉLLAR CAJAHUARINGA, 2017) plantea “esta construcción de viviendas mejoradas mitiga el impacto del periodo de heladas en la salud humana y mejora la sensación térmica al interior de las viviendas” (p.2), mediante la temperatura se mide la percepción de sensación de frío o calor.

**c) Aislamiento térmico**

Los aislantes térmicos, son materiales que se caracterizan de ser malos conductores de calor, que no dejan fluir la energía calorífica; sus principales propiedades son:



- **Conductividad Térmica (K):** según (NTP EM 110, 2014) menciona:  
Es una propiedad de los materiales de transferir el calor por conducción, si un material en su resultado muestra gran conductividad térmica, es buen conductor de calor; sin embargo, si muestra menores resultados de conductividad térmica, es mal conductor de calor, a ello se denomina como aislante térmico. Dicha propiedad es propia de la temperatura y su composición de la estructura, densidad, porosidad y la humedad capturada. Se mide en Vatios por metro y grado Kelvin ( $W/mK$ ).
- **Transmitancia Térmica (U):** según (NTP EM 110, 2014) menciona:  
Es una propiedad de los materiales que indica la cantidad de calor que se pierde por segundo y por metro cuadrado, por efecto de variación de  $1^{\circ}C$  de temperatura entre interior y el exterior. Se expresa en vatios por metro cuadrado y grado kelvin ( $W/m^2K$ ).
- **Resistencia Térmica (Rt):** según (NTP EM 110, 2014) menciona:  
Es la propiedad de los materiales de poner resistencia al flujo de calor por variación de temperatura, de acuerdo al análisis interviene el espesor del material, a mayor dimensión de la estructura menor conductividad y mayor resistencia térmica. Se expresa en metros cuadrados y grados kelvin por vatio ( $m^2K/W$ ), si es menor la resistencia térmica, mayor flujo de calor y menor aislamiento térmico.

#### 3.2.14. Termo higrómetro Data logger

La sensación térmica en los módulos habitacionales es medible en función a la temperatura. Se tiene un antecedente de un convenio realizado por las instituciones de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR) para realizar el seguimiento del proyecto ejecutado de viviendas rurales ubicadas en zonas de heladas y friaje, así como plantea la institución Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2015) menciona que:

La Oficina General de Operaciones Técnicas (OGOT) de SENAMHI, realice la verificación de los sensores, se reúnen las condiciones para realizar las mediciones de temperaturas en viviendas de zonas altoandinas; el convenio tiene el propósito de recopilar información, procesar, analizar y dar reportes mensuales, trimestrales y como el proyecto de Sumaq Wasi está siendo efectiva. SENAMHI mediante el convenio se comprometió a evaluar y proponer la metodología para el procedimiento de la medición de temperatura en viviendas mejoradas, recomendando instrumentos que tengan sensores adecuados y tenga Datalogger (registrador de datos); que almacene información de temperatura registrada.

El instrumento termohigrómetro datalogger de medición de temperatura y humedad relativa son calibrados y acreditados, que tienen sensores para registrar automáticamente y los datos se almacena en un USB, así como indica en su ficha técnica (JC MEDICAL SUPPLIES, 2006):

Instrumento de medición que registra datos en el tiempo por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente. Parámetro de medición: temperatura (TEMP) y humedad (HMD). Cuenta con interfaz USB para configuración y descarga de datos, estos se transfieren directamente a la computadora (no se requiere la estación de acoplamiento), además descarga 50,000 registros en menos de 10 segundos. Este dispositivo electrónico es resistente al agua (IP65).

En la tabla Nro. 7 se muestra las especificaciones técnicas del equipo termohigrométrico datalogger DRT – 350.



**Tabla 7 — Especificaciones técnicas de termohigrómetro DTR-350**

ESPECIFICACIONES	CARACTERISTICAS
Rango de TEMP	-40~85°C (-40~185°F)
Exactitud de TEMP:	±1.2°F (0.6°C) de -4 a 122°F (-20 a 50°C) ±1.8°F (1.0°C) todos los demás rangos
Resolución de TEMP:	0,1°C
Tipo de HMD:	Condensador
Rango de HMD:	1% - 99%
Resolución de HMD:	0,1%
Exactitud de HMD:	±3,0% de humedad relativa (20%~80%) ±5,0% de humedad relativa (<20%,>80%)
Fuente de alimentación:	Batería 3.6V A23
Pantalla digital	LCD
Dimensiones:	83x60x24mm
Peso:	81gr
Procedencia:	TAIWAN

Extraído de: [https://drive.google.com/file/d/1KcJMvP8YB720kna\\_4TdJSx1bbP-rOGJK/view](https://drive.google.com/file/d/1KcJMvP8YB720kna_4TdJSx1bbP-rOGJK/view)

En la figura Nro. 32 se muestra el instrumento Termohigrómetro Datalogger DTR-305 y su respectivo certificado de calibración.



**Figura 32 — Termohigrómetro Datalogger Ezdo Gondo DRT-305**

### 3.2.15. Presupuesto comparativo de ambos módulos habitacionales

En la investigación realizada tiene por objetivo comparar dos módulos habitacionales con muros de adobe reforzado con caña y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS); es determinante el costo del módulo habitacional para realizar dicho proceso; para ello muestro en la tabla Nro.8 el presupuesto de ambas viviendas rurales Sumaq Wasi, según el expediente técnico del año 2019. Donde realizando la comparativa en costos, la vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene un costo más en s/ 315.81 soles; analizando es insignificante la desigualdad, por ello se determina que no tiene diferencia a nivel de costos.

Tabla 8 — Comparación de presupuesto de vivienda rural Sumaq Wasi

Vivienda con doble muro de ladrillos con eps			Vivienda con muros de adobe reforzado con caña		
Item	Mejoramiento de vivienda rural en los centros poblados Kayrahuiri y Japo Central -Distrito de Pallpata - provincia de Espinar - Departamento de Cusco	Costo	Item	Mejoramiento de vivienda rural en los centros poblados Choquepuma, Chullo y otros - Distrito de Pallpata - Provincia de Espinar - Departamento de Cusco	Costo
01	Obras provisionales y trabajos preliminares	S/ 229.67	01	Obras provisionales, trabajos preliminares, seguridad y salud	S/ 225.47
02	Movimiento de tierras	S/ 628.32	02	Movimiento de tierras	S/ 705.33
03	Concreto simple	S/ 1,252.76	03	Concreto simple	S/ 2,027.08
04	Concreto armado	S/ 2,884.75	04	Estructura de madera	S/ 2,612.50
05	Tijerales y reticulados	S/ 1,761.53	05	Cobertura de plancha corrugada galvanizada	S/ 1,722.34
06	Cobertura de plancha Corrugada galvanizada	S/ 1,582.18	06	Cielorrasos de fibrocemento	S/ 1,433.96
07	Cielo raso de fibrocemento	S/ 1,570.44	07	Muros	S/ 3,577.77
08	Muros	S/ 3,589.85	08	Revoques y revestimientos	S/ 2,357.14
09	Revoques	S/ 17.65	09	Pisos y pavimentos	S/ 2,095.55
10	Enlucido de yeso	S/ 1,326.71	10	Veredas	S/ 145.63
11	Piso	S/ 2,020.91	11	Zócalos y contra zócalos	S/ 495.38
12	Veredas	S/ 374.50	12	Puertas	S/ 1,453.02
13	Zócalos y contra zócalos	S/ 524.47	13	Ventanas	S/ 1,235.26
14	Puertas	S/ 1,413.61	14	Instalaciones eléctricas	S/ 337.93
15	Ventanas	S/ 1,448.49	15	Evacuación aguas pluviales	S/ 576.80
16	Instalaciones eléctricas	S/ 328.39	16	Varios	S/ 585.98
17	Evacuación aguas pluviales	S/ 834.66	17	Mitigación y limpieza	S/ 135.96
18	Varios	S/ 618.55	18	Acarreos	S/ 271.92
19	Mitigación y limpieza	S/ 136.78	19	Fletes	S/ 2,623.80
20	Acarreos	S/ 273.57			
21	Fletes	S/ 2,116.85			
	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>S/ 24,934.63</b>		<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>S/ 24,618.82</b>

Extraído de: (EXPEDIENTE TÉCNICO 1 - PNVR, 2019) y (EXPEDIENTE TÉCNICO 2 - PNVR, 2019)

### 3.3. Marco Conceptual

Se desarrolla los conceptos más importantes para el presente proyecto de investigación:

- a) **Vivienda rural Sumaq Wasi:** Son módulos habitacionales de muro de adobe reforzado con caña o doble muro de ladrillo con poliestireno expandido (EPS); se caracteriza por ser térmicos y sismorresistentes, dicho módulo habitacional contiene dos dormitorios y una sala – comedor.
- b) **Análisis comparativo:** Análisis comparativo es el proceso de realizar la verificación de equivalencia, similitud, diferencias, disminuciones o aumentos y realiza el seguimiento al desarrollo de elementos y aspectos que se comparan, especialmente sus características entre dos o más variables.
- c) **Análisis sísmico:** Análisis sísmico es el proceso de aplicar una metodología para ver su respuesta sísmica de la estructura y verificar de acuerdo a una normativa los parámetros ya establecidos.
- d) **Análisis Estático No Lineal (Push Over):** Es una metodología que permite determinar la curva de capacidad de una estructura en el rango no elástico, incrementando las fuerzas laterales hasta que su deformación llegue al momento de colapso, sobrepasa su capacidad elástica, obteniendo el desempeño de la estructura.
- e) **Desempeño sísmico:** Es el comportamiento de la estructura desde rango elástico hasta inelástico cuando se presenta aceleración sísmica originando fuerzas inerciales.
- f) **Curva de capacidad:** Es el gráfico esfuerzo vs deformación que representa el comportamiento de la estructura desde rango elástico hasta inelástico y posteriormente su colapso.
- g) **Punto de desempeño:** Es el punto objetivo de desempeño o comportamiento óptimo que puede alcanzar una estructura, también es la respuesta de la estructura frente al sismo.
- h) **Análisis térmico:** El análisis térmico es la aplicación de métodos para obtener datos de variación térmica de una estructura que está en función de su composición del



material. Más enfocado a sus propiedades que regulan la pérdida o ganancia de calor y flujo de calor.

- i) **Temperatura:** Es un dato cuantitativo en grados centígrados °C que mide la magnitud de sensación térmica o calor en un tiempo dado y se mide con termómetro.
- j) **Sensación térmica:** Es la reacción del cuerpo a la sensación de calor o frío, se expresa en grados centígrados °C.
- k) **Termohigrómetro Data logger:** Es un instrumento para medir la sensación térmica – temperatura y la humedad relativa, los datos obtenidos se almacenan en un USB.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1. Tipo y Nivel de Investigación

##### 4.1.1. Tipo de Investigación

El proyecto de investigación planteada es de tipo aplicada, porque relaciona la teoría científica para solucionar las diferentes necesidades sociales que encuentra el ser humano durante su existencia, así mismo concuerda (NUÑEZ, 2011) el cual justifica “tiene por objeto resolver problemas prácticos y de interés social de necesidades de la sociedad, tiene fundamento en la investigación básica y busca nuevos conocimientos de aplicaciones prácticas” (p. 14), es por ello propongo dar un alcance de diagnóstico situacional de vivienda rural Sumaq Wasi que se caracteriza por ser térmico y sismorresistente.

Según el autor (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018) menciona que “para iniciar una investigación se requiere conocer las rutas que han sido construidos por la comunidad científica de acuerdo al tema, fenómeno o planteamiento, donde propone 03 rutas fundamentales: la cuantitativa, cualitativa y la mixta” (p. 4), basándose a las rutas de investigación; la investigación realizada tiene un enfoque cuantitativo, con el propósito de analizar y comparar las variables, para ello utiliza datos medibles y cumple una secuencia de proceso de investigación.

##### 4.1.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es explicativo, porque desarrolla la ocurrencia del fenómeno en variables sísmico y térmico en viviendas rurales Sumaq wasi en zonas altoandinas de muros de adobe reforzado con caña y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS), así mismo concuerda (QUEZADA, 2010) el cual justifica “requiere la combinación de los métodos analítico y sintético, en conjugación con el deductivo y el inductivo, se trata de responder o dar cuenta del porqué del objeto que se investiga” (p. 23).



## 4.2. Diseño de Investigación

La investigación tiene un diseño no experimental de tipo longitudinal, según (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018) menciona que “los cuales se recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias” (p. 180), los datos a obtener de sensación térmica se realizarán en los momentos críticos descenso de temperatura, época de heladas.

Al respecto de diseño no experimental longitudinal de diseño panel, según (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018) “los casos son siempre los mismos en las distintas mediciones” (p. 181), el procedimiento de diseño panel se justifica porque permanecen constantes los 02 modelos de viviendas rurales, solo varía las mediciones en tiempos distintos, que son favorables para la medición de las variables.

## 4.3. Descripción ética en la investigación

La investigación realizada reconoce a los beneficiarios de la vivienda rural Sumaq Wasi, que accedieron a la toma de muestras al interior de la vivienda, se realizó con transparencia y un manejo adecuado de datos para tener resultados reales y no alterados. Se evitó el plagio y se respetó el principio de la propiedad intelectual, se citó a los autores de todos los trabajos previos difundidos, se anexará planos y estudios previos que se tomó como referencia.

## 4.4. Población y Muestra

### 4.4.1. Población

La población a considerar en el estudio, son los modelos de vivienda rural Sumaq Wasi que fueron planteados en los años 2019,2020 y 2021 por el Programa Nacional de Vivienda Rural para zonas altoandinas del departamento de Cusco, que están ubicadas a más de 3500 – 4800 msnm, dichos módulos habitacionales se caracteriza por ser sismorresistente y térmico.

### 4.4.2. Muestra

La muestra se obtiene mediante un muestreo no probabilístico o muestra dirigida, así como define (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018) “un procedimiento de selección orientado por las características y contexto de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización” (p. 215), por ello se optó por los modelos de vivienda rural Sumaq Wasi para zonas altoandinas, que fueron

ejecutados bajo plan multisectorial ante heladas y friajes 2019 – 2021 en la provincia de Espinar – Cusco y son 02:

- Vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña.
- Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con núcleo de poliestireno expandido (EPS).

#### **4.5. Procedimiento**

Se recolectará los datos de las viviendas rurales Sumaq Wasi de acuerdo al muestreo no probabilístico en función a las características y contexto de investigación, se realizó por etapas:

##### **4.5.1. Etapa I: Búsqueda de información**

Se inicia con la búsqueda de información; expedientes técnicos de los proyectos ejecutados en los años 2019, 2020 y 2021; una vez obtenido, se visitó a las viviendas ejecutadas para compatibilizar en sitio y coordinar con los beneficiarios.

##### **4.5.2. Etapa II: Identificación de las viviendas**

Para la realización de análisis sísmico se basó en los planos estructurales, memoria de cálculo y estudio de mecánica de suelos del expediente técnico, verificando en campo la existencia de viviendas rurales; a continuación, se detalla 02 viviendas rurales:

- 01 módulo habitacional de adobe reforzado con caña del Proyecto: Mejoramiento de vivienda rural en los centros poblados Choquepuma, Chullo y otros – distrito de Pallpata - provincia de Espinar – departamento de Cusco (EXPEDIENTE TÉCNICO 1 - PNVR, 2019).
- 01 módulo habitacional de doble muro de ladrillo con poliestireno expandido (EPS) del Proyecto: Mejoramiento de vivienda rural en los centros poblados Kayrahuiri y Japo Central - distrito de Pallpata – provincia de Espinar – departamento de Cusco, dichos proyectos tienen las mismas características arquitectónicas con la diferencia en los muros estructurales (EXPEDIENTE TÉCNICO 2 - PNVR, 2019).

Para análisis térmico se visitó a los dos modelos de viviendas rurales Sumaq Wasi, muchos beneficiarios no accedieron a la toma de datos, por ello se optó a los beneficiarios que facilitaron la vivienda para la colocación del equipo datalogger. En el proceso de recolección de datos se hizo en diferentes meses, iniciando en abril, mayo, junio y julio del 2022 y en diferentes viviendas que se encuentran por encima de los 3500 msnm. Las viviendas son modulares, no tienen variación en componente arquitectónico y estructural.

- Vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña
- Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con núcleo de poliestireno expandido (EPS)

#### **4.5.3. Etapa III: Ejecución de ensayo**

En Perú aún no se cuenta con el estudio cíclico de muros de adobe reforzado con caña, por ello para su calibración del programa computacional, se basó en el estudio realizado en la tesis; “Estudio de las propiedades físicas de la caña guadúa y su aplicación como refuerzo en la construcción de estructuras de adobe” realizado en la Escuela Politécnica Nacional Quito – Ecuador en el año 2017.

En el módulo habitacional de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) de sistema porticado; para determinar su comportamiento sísmico se basa en sus propiedades constitutivas de concreto y acero, se realizó por método de fibras de plasticidad concentrada, modelo numérico de vigas y columnas.

Se colocó 03 equipos datalogger a las viviendas que facilitaron la vivienda 02 interior y 01 exterior, fueron 08 módulos de muros de adobe reforzado con caña y 08 módulos de doble muro de ladrillo con poliestireno expandido (EPS). El equipo datalogger se programó para registrar cada 5 minutos y las 24 horas en los meses de abril, mayo, junio y julio del 2022; periodo de heladas.

#### **4.5.4. Etapa IV: Procesamiento de datos**

Una vez realizado la calibración de estudio experimental de muro de adobe reforzado con caña en programa computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, se procede a realizar el análisis sísmico estático no lineal para obtener su desempeño sísmico; mientras en vivienda de doble muros de ladrillo con poliestireno expandido (EPS) se realiza la modelación aplicando el método de

fibras en vigas y columnas mediante el análisis estático no lineal donde se conoce el comportamiento de la estructura en el rango no lineal, determinando su curva de capacidad y su desempeño sísmico. Con ello, realizar la comparativa de ambos módulos habitacionales, para ello se sigue la siguiente metodología:

- Creación del modelo nuevo – existente
- Asignación de factores para rigidez efectiva
- Asignación de brazos rígidos según la condición de resistencia nominal
- Evaluación del tipo de falla de los elementos
- Asignación y creación de rótulas plásticas
- Configuración de Push over
- Cálculo de desempeño y su respectivo análisis

Con los datos obtenidos del equipo datalogger se obtiene la temperatura de sensación térmica, se realiza el análisis térmico mediante gráficos de comportamiento térmico al interior de la vivienda y exterior. El poblador rural hace uso de la vivienda desde 3:00 pm a 8:00 am en ese horario de determina la sensación térmica al interior de la vivienda y después realizar la comparativa de ambas viviendas rurales Sumaq Wasi.

#### **4.5.5. Etapa V: Informe Final**

En la etapa final con los datos obtenidos se analiza los resultados; en función de los objetivos planteados, se efectúa la contrastación de hipótesis, discusión de resultados y posteriormente sus conclusiones y recomendaciones.

En la figura Nro. 33 se muestra en resumen el procedimiento de investigación de la variable análisis sísmico.



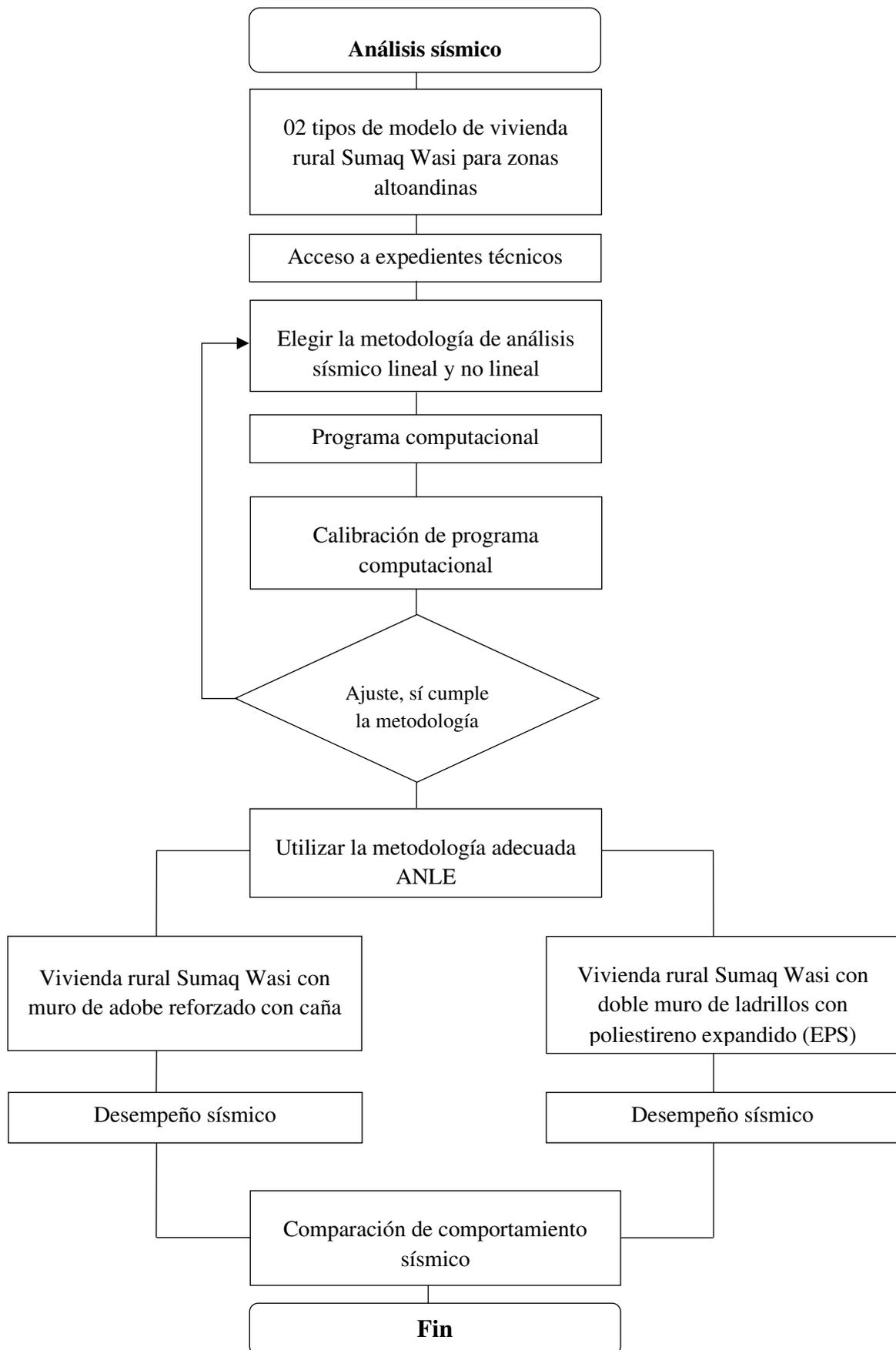


Figura 33 — Procedimiento de investigación en análisis sísmico

En la figura Nro. 34 se muestra, el resumen del procedimiento de investigación de la variable análisis térmico.

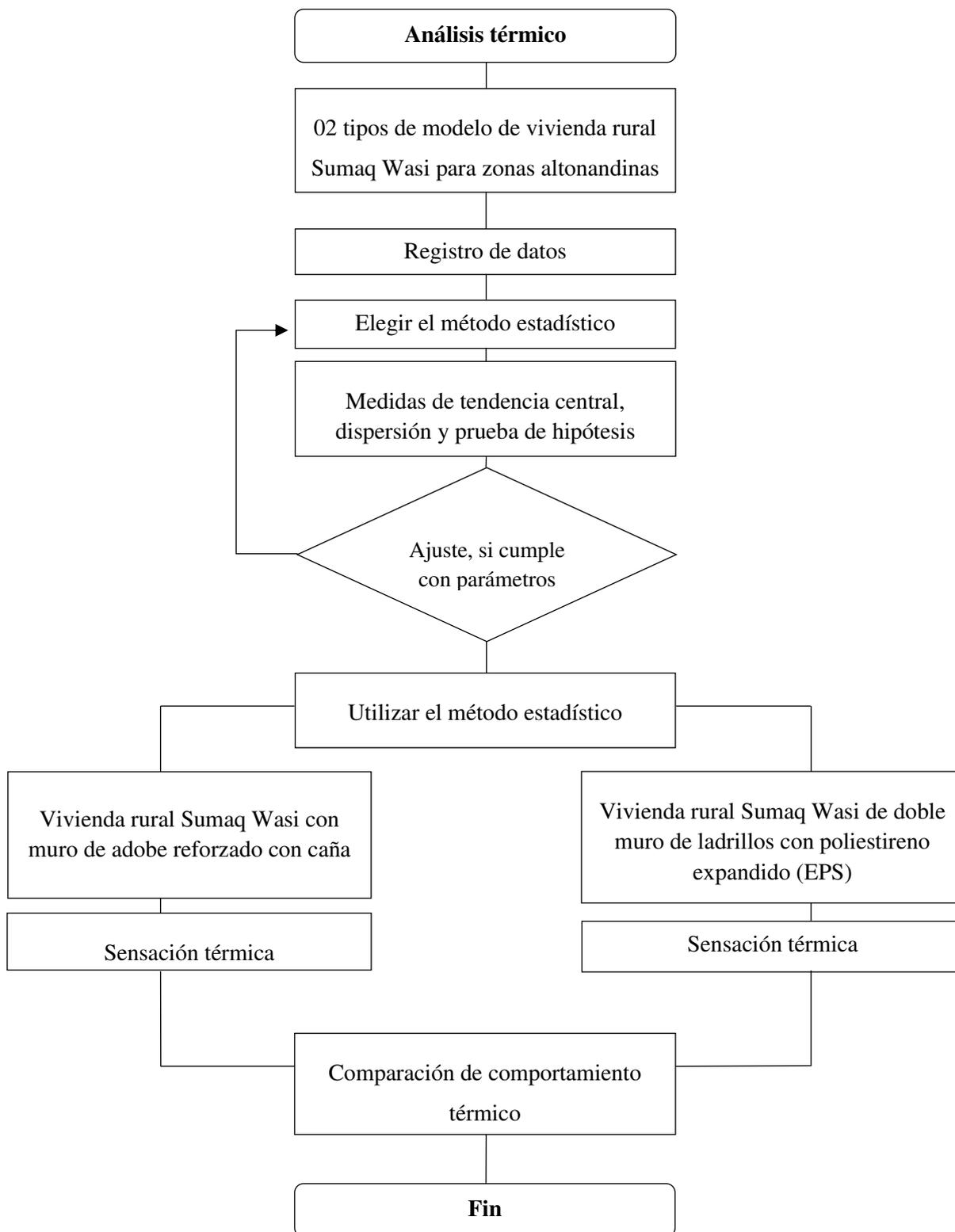


Figura 34 — Procedimiento de investigación en análisis térmico

#### 4.6. Técnicas e Instrumentos

Se utilizó las siguientes técnicas e instrumentos para realizar la investigación; a continuación, se muestra en la tabla Nro. 9.

**Tabla 9 — Técnica e instrumento de investigación**

Variable	Técnica	Instrumento
Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña	Observación del conjunto constructivo en campo  Revisión de los documentos existentes	Celular  GPS manual  Expediente técnico
Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS)	Observación del conjunto constructivo en campo  Revisión de los documentos existentes	Celular  GPS manual  Expediente técnico
Análisis sísmico	Calibración de estructuras al programa computacional  Análisis sísmico estático no lineal PUSH OVER mediante norma ASCE/SEI 41-17	Programa Computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil.  Laptop  Memorias de cálculo del expediente técnico
Análisis térmico	Medición y lectura de sensación térmica al interior y exterior del módulo habitacional	Termohigrómetro data logger

#### 4.7. Análisis estadístico de investigación

En variable análisis sísmico, no se empleó modelos estadísticos para obtener el desempeño sísmico de viviendas rurales Sumaq Wasi, se basa en función a la respuesta estructural en rango no lineal, para ello utiliza datos medibles y cumple una secuencia de proceso de investigación.

En variable análisis térmico los datos obtenidos del equipo termohigrométrico datalogger se procesó en el software estadístico MINITAB 21 versión prueba estudiantil. Donde se ha obtenido la tendencia central: media, mediana, desviación estándar y posteriormente se realizó la prueba de hipótesis.

En resumen, se muestra en el gráfico Nro. 35 el procedimiento de análisis estadístico de la variable análisis térmico.

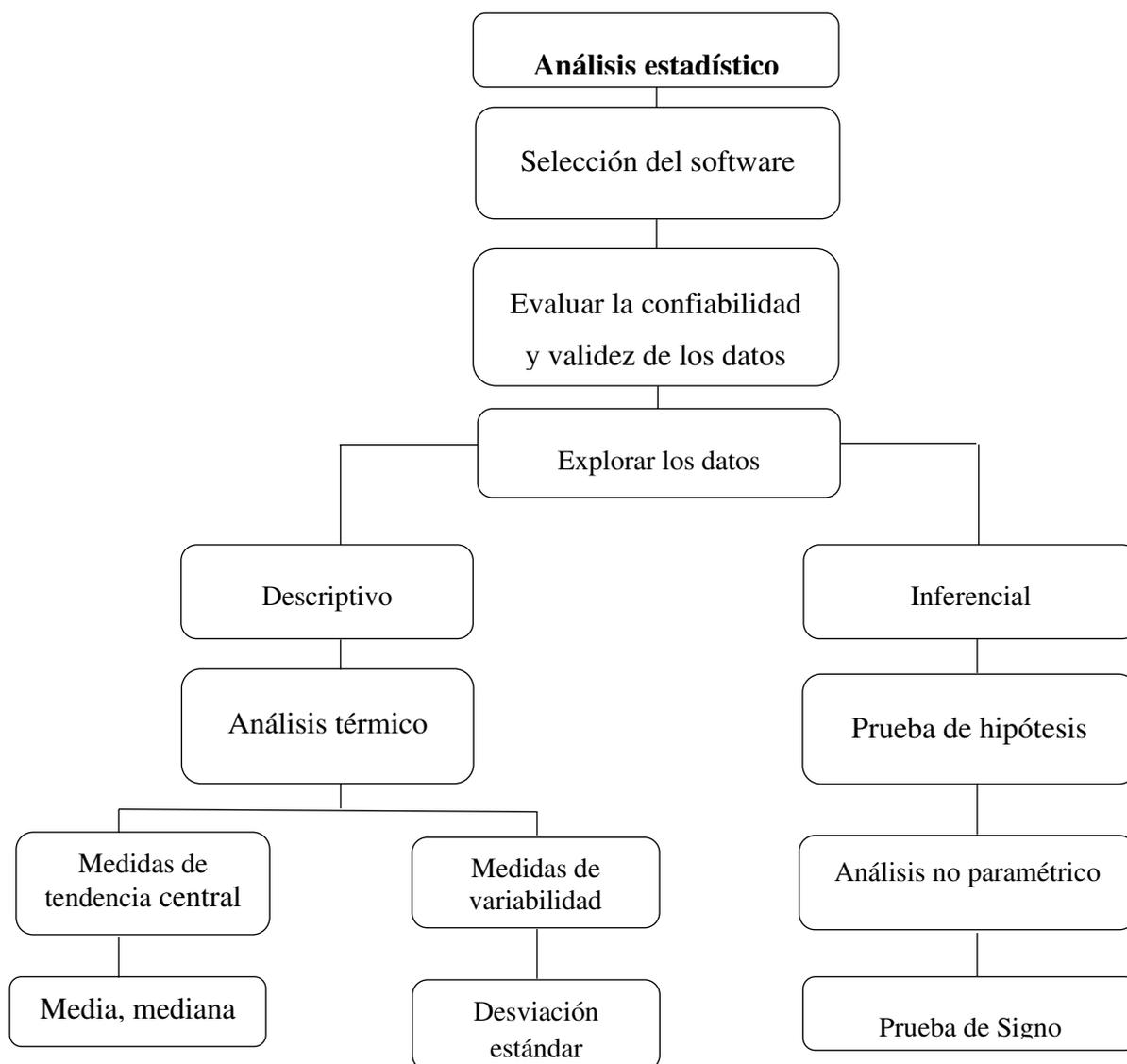


Figura 35 — Procedimiento de modelos estadísticos



A continuación, se muestra la utilización de la estadística descriptiva para hallar la medida de tendencia central de media, mediana y desviación estándar.

**a) Media**

Es la media aritmética que consiste en la suma de los valores de datos, dividido por el número de datos, así como (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018) menciona “es la medida de tendencia central más utilizada y puede definirse como el promedio aritmético de una distribución” (p.333). Se obtiene por la ecuación (13)

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (13)$$

$\bar{x}$ : media de datos

n: total de datos

**b) Mediana**

Es la medida de tendencia central, que solo depende del número de datos ordenados de forma creciente o decreciente, así como (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018) menciona “es el valor que divide a la distribución o escala presentada exactamente por la mitad, posición intermedia. Esto es, el 50 % de los casos caen por debajo de la mediana y el restante 50% por encima” (p.332).

**c) Desviación estándar**

Es una medida de variabilidad de dispersión de datos por intervalos, así como (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018) menciona “es el promedio de desviación de las puntuaciones de la muestra con respecto a la media. Cuanto mayor sea la dispersión de los datos alrededor de la media, mayor será la desviación estándar” (p.333). Se obtiene por la ecuación (14).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (14)$$

S: desviación estándar

x: cantidad de datos

$\bar{x}$ : media de datos

n: total de datos



Para realizar la prueba de hipótesis se utiliza la estadística inferencial. A continuación, se desarrolla prueba paramétrico y no paramétrico.

**d) Prueba paramétrica**

Las pruebas paramétricas se realizan siempre en cuando que cumplan con la distribución normal, así como (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018) menciona “son distribuciones en forma de campana que se logra con muestras de 100 o más unidades muestrales y que es útil y necesaria cuando se hacen inferencias estadísticas” (p.340). La presente investigación no hace uso de inferencias estadísticas o estimaciones.

**e) Prueba no paramétrica**

Se considera no paramétrica cuando los valores de los datos no cumplen con la distribución normal, por ello el autor (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018) menciona “la mayoría de estos análisis no requieren de presupuestos acerca de la forma de la distribución poblacional. Aceptan distribuciones no normales o distribuciones libres” (p.362). La presente investigación hace uso de las distribuciones no normales o distribuciones para realizar la prueba de hipótesis en variable térmico. A continuación, se detalla las dos pruebas que se utilizó para la prueba de hipótesis:

- **Prueba de signo para 1 muestra**

Es una prueba no paramétrica de distribución libre, así como él (Soporte de Minitab 20, 2021) plantea:

Prueba de signo para 1 muestra es para estimar la mediana de la población y compararla con un valor objetivo o un valor de referencia. Utilizando este análisis, se determina; donde si la mediana de la población difiere de la mediana hipotética; en un rango de valores que probablemente incluya la mediana de la población.

En la presente investigación se utilizará para realizar la prueba de hipótesis con el valor objetivo de 14 °C de sensación térmica.



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1. Análisis de resultados

En la presente investigación tiene como objetivo principal analizar y comparar el comportamiento sísmico y térmico de viviendas rurales Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña y doble muro ladrillos con poliestireno expandido (EPS) de la provincia de Espinar – Cusco, en el año 2022. Los datos obtenidos en campo se organizaron y posteriormente se analizaron en función a los objetivos propuestos:

En análisis sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi de muros de adobe reforzado con caña y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS), se trabajó con datos secundarios para determinar su desempeño sísmico utilizando la metodología análisis estático no lineal PUSH OVER según la norma ASCE/SE 41-17 y VISIÓN 2000, obteniendo los resultados que se muestra en la tabla Nro. 10 donde la vivienda rural con muro de adobe reforzado con caña su desempeño sísmico es ocupación inmediata, mientras la vivienda rural con doble muro de ladrillos su desempeño sísmico es completamente operativo.

**Tabla 10 — Cuadro comparativo de desempeño sísmico**

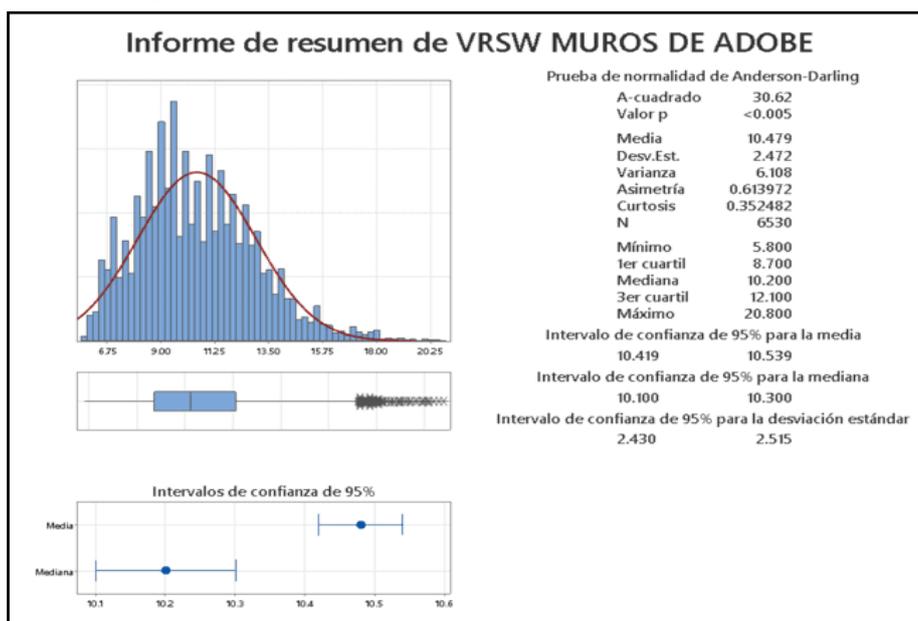
Nivel de desempeño sísmico	Vivienda rural sumaq wasi con muro de adobe reforzado con caña	Vivienda rural sumaq wasi con doble muro de la drilllos con poliestireno expandido
<b>Operativo</b>		Sin daño estructural, conserva la rigidez y resistencia. Prácticamente no existe riesgo de daño alguno a los ocupantes durante el sismo.
<b>Ocupación inmediata</b>	Solamente sufre pequeños daños estructurales. El riesgo de daño durante el sismo es muy bajo.	
<b>Resguardo de vida</b>		
<b>Cerca al colapso</b>		
<b>Colapso</b>		

En análisis sísmico del comportamiento estructural de una vivienda, donde los resultados obtenidos son aproximaciones, así como menciona (VILLARREAL, 2017):

Como resulta altamente complicado o casi imposible reproducir en el laboratorio las condiciones de campo durante un terremoto, la investigación experimental tiene claras limitaciones, pero su aporte es igualmente valioso como sucede en toda actividad de ingeniería. Es frecuente decir que los verdaderos laboratorios de la Ingeniería Sismorresistente están en las ciudades, las represas y las grandes obras de ingeniería durante los terremotos. Los sismos importantes nos permiten evaluar el comportamiento de los sistemas estructurales, la confiabilidad de nuestros métodos de análisis y diseño, y ponen en evidencia los errores cometidos durante el proyecto y construcción de las obras.

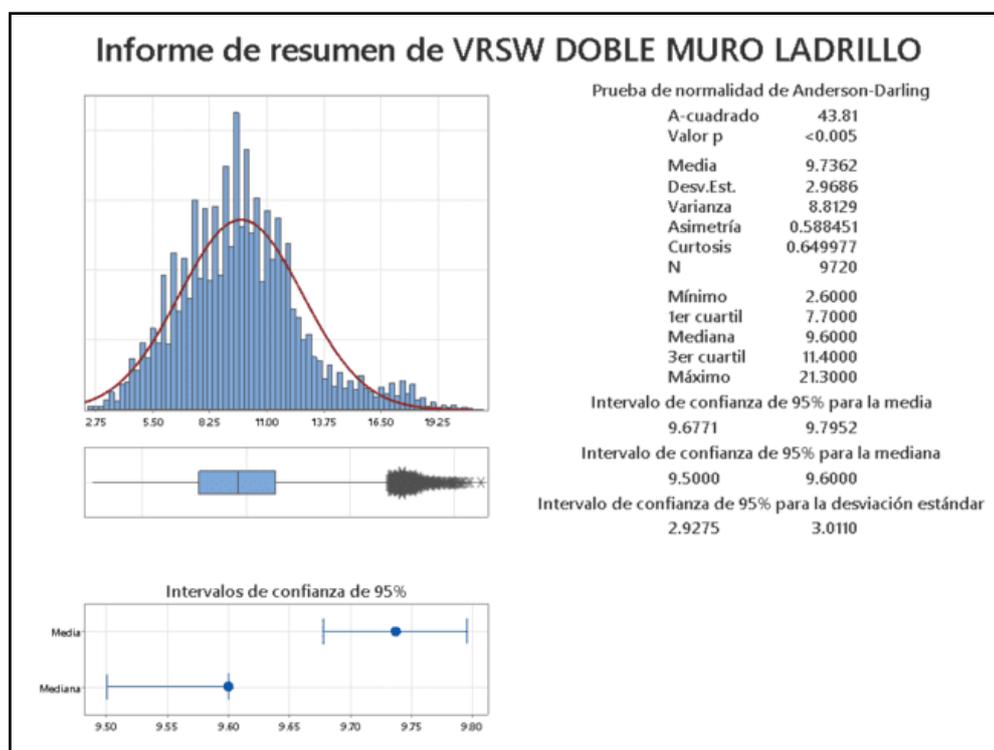
En análisis térmico de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS), se trabajó con datos primarios que se obtuvieron con el registro del equipo termohigrómetro datalogger, que se colocaron al interior del módulo habitacional en los meses de abril, mayo, junio y julio en la provincia de Espinar – Cusco, 2022. A continuación, se muestran los resultados:

En la figura Nro. 36 se muestra el resumen de los resultados obtenidos en MINITAB 21 versión prueba estudiantil del comportamiento térmico al interior de las viviendas rurales Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña. Donde de 6530 registros, el dato representativo promedio de sensación térmica es de 10.5 °C, con un nivel de confianza de 95% de significancia.



**Figura 36 — Resumen estadístico de muro de adobe reforzado**

En la figura Nro. 37 se muestra el resumen de los resultados obtenidos en MINITAB 21 versión prueba estudiantil del comportamiento térmico al interior de las viviendas rurales Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS). Donde de, 9720 registros, el dato representativo promedio de sensación térmica es de 9.7 °C, con un nivel de confianza de 95% de significancia.



**Figura 37 — Resumen estadístico de doble muro de ladrillos**

En la tabla Nro. 11 se muestra detalladamente los resultados de tendencia central de ambos módulos habitacionales, donde hay una diferencia mínima en sensación térmica al interior de la vivienda en el horario de 3:00 pm hasta 8:00 am del día siguiente, donde el poblador rural hace uso de la vivienda.

**Tabla 11 — Resumen comparativo de sensación térmica**

	<b>vivienda rural sumaq wasi con muro de adobe reforzado con caña</b>	<b>vivienda rural sumaq wasi con doble muro de la drillos con poliestireno expandido</b>
<b>Promedio</b>	10.5 °C	9.7 °C
<b>Mediana</b>	10.2 °C	9.60 °C

### 5.1.1. Resultados de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña

#### 5.1.1.1. Análisis sísmico

Para realizar análisis sísmico de muros de adobe reforzado con caña y obtener su desempeño sísmico mediante Análisis Estático No Lineal, se requiere calibrar el programa computacional con ensayos experimentales realizados en laboratorio.

##### a) Ensayo de muro de adobe reforzado con caña

Los muros de adobe reforzado con caña son estructuras no muy particulares, para realizar el análisis sísmico se requiere de ensayo experimental de carga lateral cíclico. Para desarrollar la investigación se basó en los resultados obtenidos de muro de adobe reforzado con caña por (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017); las características del muro ensayado se muestran en la figura Nro. 38 y figura Nro. 39 donde se detalla vistas en elevación y planta del muro.

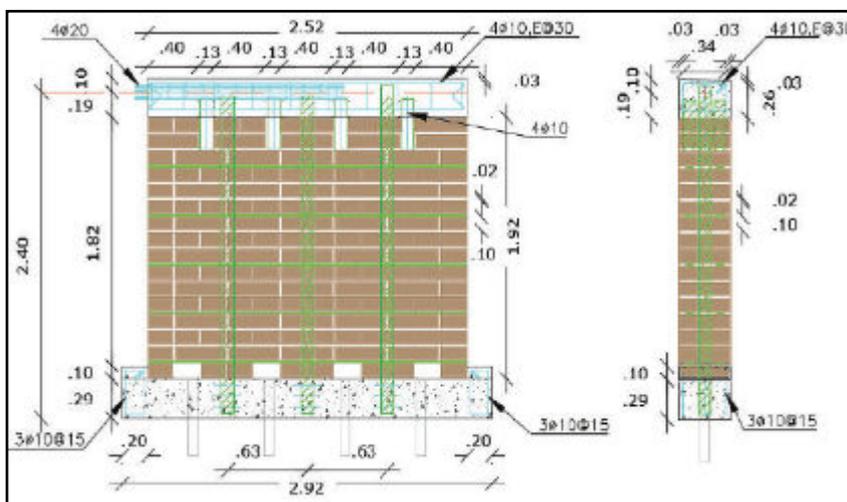
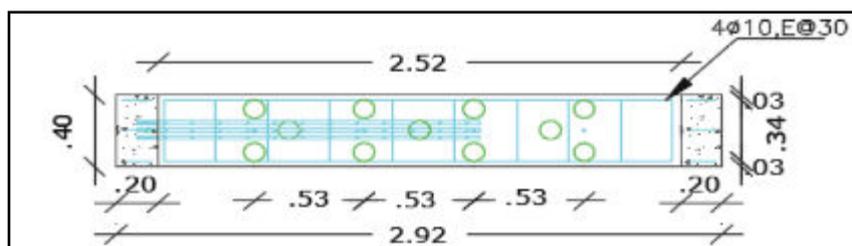


Figura 38 — Vistas laterales de muro de adobe reforzado

Extraído de: (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017).



**Figura 39 — Vista superior de muro de adobe reforzado**

Extraído de: (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017).

En la figura Nro. 40 se muestra el muro de adobe reforzado con caña construido de acuerdo a la norma peruana E.080.



**Figura 40 — Muro de adobe reforzado con caña**

Extraído de: (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017)

En la figura Nro. 41 se muestra el muro de adobe pintado de blanco para ver mejor las fisuras, que son ocasionados por el ensayo de cargas laterales cíclicas, que consiste en aplicar una fuerza lateral incremental originando desplazamiento de la estructura hasta su falla o colapso.



**Figura 41 — Observación de fisuras efecto de carga cíclica**

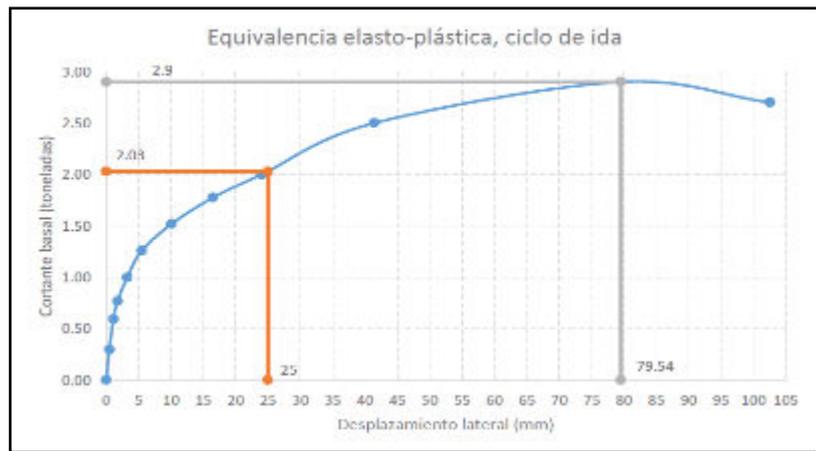
Extraído de: (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017)

- **Ductilidad de desplazamiento**

Según (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017) plantea en su estudio:

Para la determinación de la ductilidad de desplazamiento, es necesario identificar el desplazamiento correspondiente a la fluencia. La mampostería estructural no muestra un límite de fluencia marcado; para el muro reforzado, se usó el método basado en la equivalencia elasto - plástico con rigidez inicial reducida, el cual consiste en identificar el límite de fluencia como un porcentaje de la carga de falla.

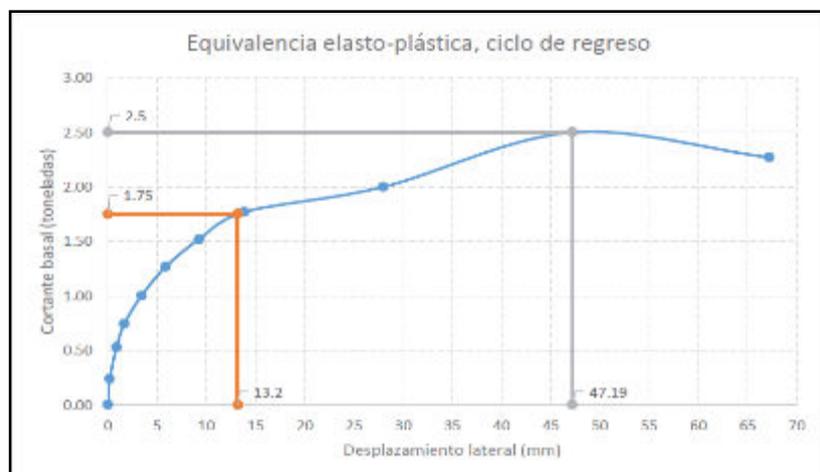
A continuación, se muestra la figura Nro. 42 que detalla el comportamiento de la estructura mediante una curva de equivalencia elasto – plástica de ciclo de ida. Donde su máxima capacidad de fluencia alcanza a una carga lateral de 2.9 tonf un desplazamiento de 80 mm.



**Figura 42 — Equivalencia elasto – plástica muro reforzado, ciclo de ida**

Extraído de: (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017)

En la figura Nro. 43 se detalla el comportamiento de la estructura mediante una curva de equivalencia elasto – plástica de ciclo de regreso. Donde su máxima capacidad de fluencia alcanza a una carga lateral de 2.5 tonf un desplazamiento de 47.19 mm.

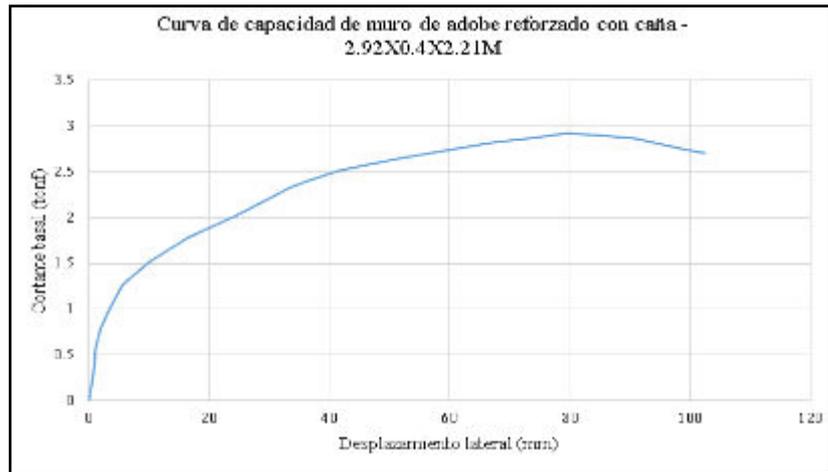


**Figura 43 — Equivalencia elasto – plástica muro reforzado, ciclo de regreso**

Extraído de: (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017)

- **Curva de capacidad**

En la calibración del programa computacional se trabajó con la curva equivalente elasto – plástico de ciclo de ida porque es más representativo y tiene más capacidad de fluencia. En la figura Nro. 44 se muestra la curva de capacidad generada del ensayo experimental de muros de adobe reforzado con caña en Excel.



**Figura 44 — Curva de capacidad de muro de adobe reforzado**

Extraído de: (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017)

- **Determinación del módulo de elasticidad**

Según (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017):

Se utilizó la teoría de mecánica de materiales para la determinación del módulo de elasticidad de los muros de adobe. El desplazamiento lateral, tomando en cuenta solo efectos de flexión y corte.

El desplazamiento lateral se calcula con la ecuación (13):

$$\Delta = \int_0^L \frac{M \cdot m}{E \cdot I} dx + f * \int_0^L \frac{V \cdot v}{G \cdot A} dx \quad (13)$$

Donde:

$\Delta$ = Desplazamiento lateral [m]

L = Longitud del elemento en la dirección de análisis [m]

M = Momento aplicada en función a la distancia (x) [ton – m]

m = Momento unitario en función de la distancia (x) [-]

E = módulo de elasticidad del muro  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

I = Inercia respecto al centroide,  $\frac{b * h^3}{12}$  [m<sup>4</sup>]

f = factor de corte,  $\frac{6}{5}$  para rectángulos [-]

V = Fuerza de corte aplicada [Ton]

v = Fuerza unitaria de corte aplicada [-]

G = Módulo de corte de muro  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

A = Área transversal [m<sup>2</sup>]

El módulo de corte se calcula con la siguiente ecuación (14):

$$G = \frac{E}{2*(1+\mu)} \quad (14)$$

Donde:

G = Módulo de corte del muro  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

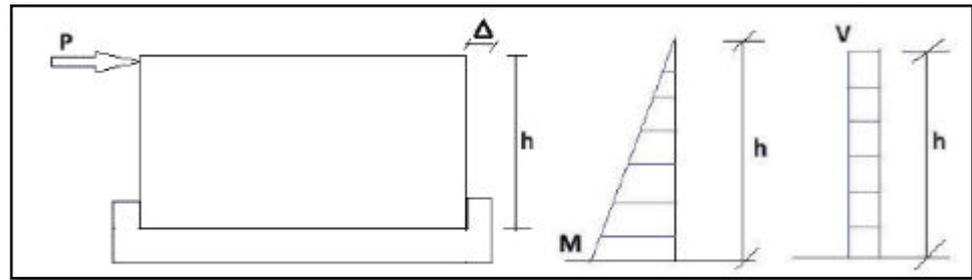
E = Módulo de elasticidad del muro  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

$\mu$  = Módulo de Poisson [-]

No existe un módulo de Poisson estandarizado, su valor es menor al del hormigón, el valor tomado fue de 0.15.

A continuación, en la figura Nro. 45, se muestra el esquema con el que se procedió para el cálculo:





**Figura 45 — Esquema de cálculo módulo de elasticidad**

Extraído de: (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017)

Se calculan las variables  $M, m, V$  y  $v$  en función de la variable “ $X$ ” y se reemplazan en la ecuación (15):

$$\Delta = \int_0^h \frac{P \cdot x^2}{E \cdot I} dx + f \cdot \int_0^h \frac{P}{G \cdot A} dx \quad (15)$$

Calculando los parámetros  $I, G$  en función de  $E$  y  $A$ , integrando y reemplazando los valores de nuestro prototipo se obtuvo la siguiente ecuación (16):

$$E = 1.16477 \cdot \frac{P}{\Delta} \quad (16)$$

Donde:

$P$ : Fuerza lateral aplicada [ton]

$\Delta$ = Desplazamiento lateral correspondiente a la fuerza [m]

- **Módulo de elasticidad para el muro de adobe reforzado con caña**

Se reemplazaron los valores experimentales, registrados en el primer ciclo de carga, y se tuvo lo siguiente:

$$E = 1.16477 \cdot \frac{0.238 \text{ ton}}{0.00019 \text{ m}} = 1459.03 \text{ kg/cm}^2$$

Los módulos de elasticidad de los muros son muy similares, a pesar de que el uno estuvo constituido por elementos adicionales de caña guadúa.

- **Características mecánicas de los materiales de adobe sin refuerzo**

Basándonos en las normas E.010 (Madera) y E.080 (Tierra reforzada); y a estudios experimentales previos, se consideran los siguientes valores de propiedades mecánicas de los materiales:

Módulo de elasticidad de adobe:

$$E = 4000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (según la norma E. 080)}$$

Módulo de elasticidad de madera:  $E = 90000 \text{ kg/cm}^2$

En la norma (NTP E.080, 2017) comenta: “mientras no se cuente con resultados de ensayos experimentales para el módulo de elasticidad de los muros de tierra, se usa el valor de  $2040 \text{ kg/cm}^2$ ”

La norma es más conservadora, para la calibración en programa computacional se trabajó con resultados obtenidos del ensayo experimental.

#### **b) Calibración del programa computacional**

Los resultados de curva de capacidad del ensayo experimental en laboratorio de muros de adobe reforzado con caña realizado por (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017), se modela en programa computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, verificando su validez y confiabilidad dentro de los parámetros establecidos. Dicho muro es representado por una columna ancha con una rótula concentrada tipo corte, a partir de ello se genera los puntos de control. A continuación, se detalla los parámetros de control.

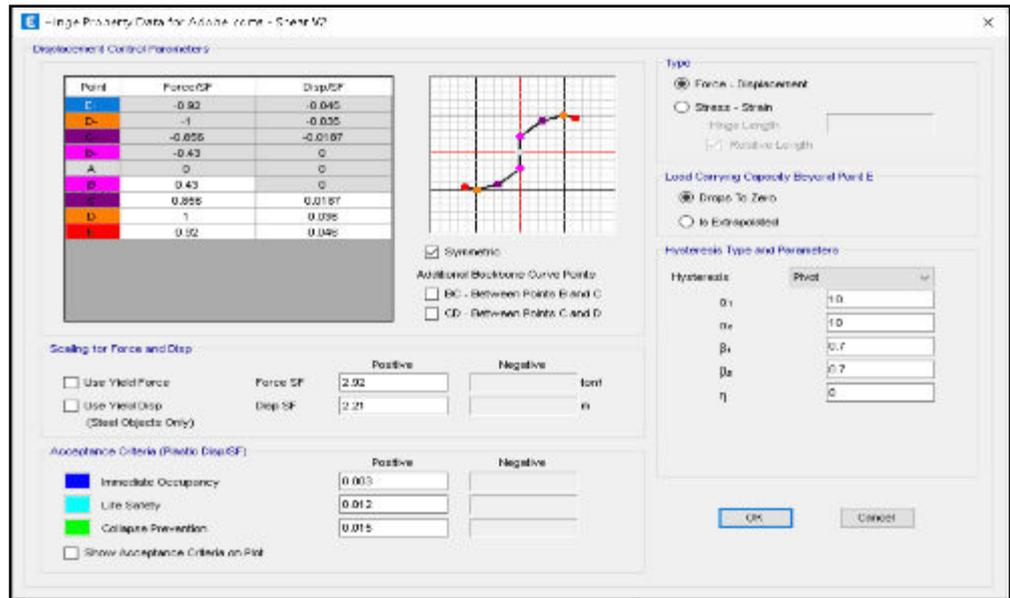
En la tabla Nro. 12, se detalla los parámetros que se consideran para realizar la calibración del programa computacional, dichos datos se obtienen de las propiedades mecánicas y de los resultados de ensayos de laboratorio. La formulación de rótula de corte, es la mejor que capta la masa, se controlan en función a los puntos de B, C, D y E

que representan a fuerzas y derivas del comportamiento cíclico del muro de adobe reforzado con caña.

**Tabla 12 — Parámetros para generar rótula concentrada tipo corte**

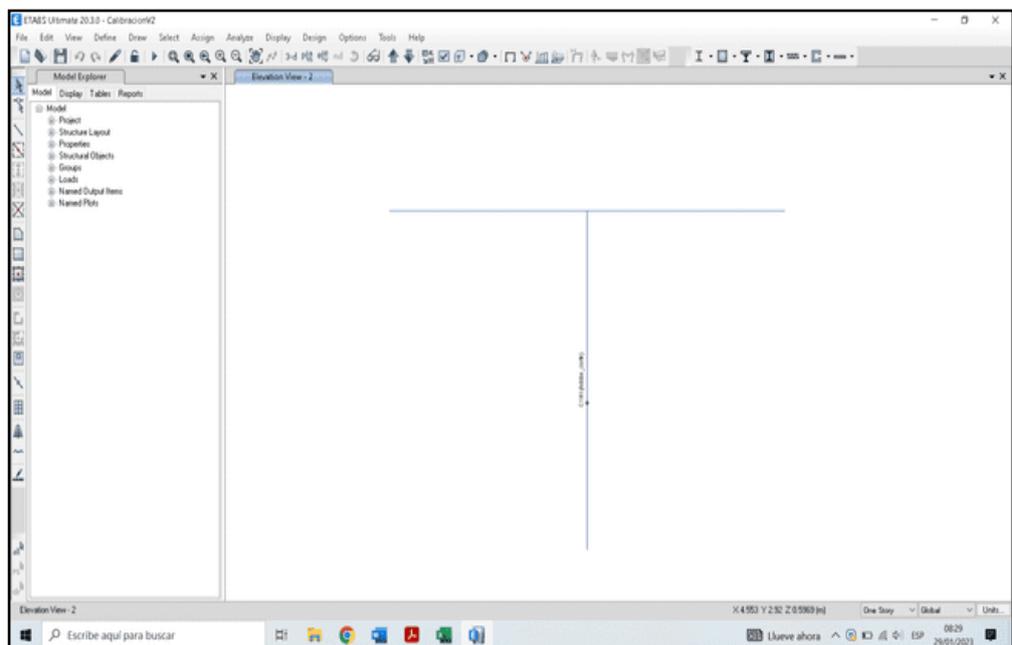
Parámetros utilizados para el cálculo del desempeño				
Largo muro de adobe	L (m)		2.21	
Altura de muro de adobe	H(m)		2.92	
Ancho de muro de adobe	t(m)		0.4	
Altura viga collar	h(m)		0.3	
Ancho de viga collar	t(m)		0.4	
Módulo de elasticidad de muro de adobe	E(tonf/m <sup>2</sup> )		14590	
Módulo de elasticidad de madera	E(tonf/m <sup>2</sup> )		90000	
	$\alpha$		1	
	Vm (tonf)		2.92	
	ForceSF (tonf)		2.92	
	Disp. (m)		2.21	
	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Fuerza (tonf/tonf)	0.432	0.856	1.000	0.925
Deriva (%)	-	0.019	0.036	0.046

En la figura Nro. 46 se muestra los puntos de control B, C, D y E en programa computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, que son parámetros de calibración de rótula de corte, en función de derivas y cortantes máximos.



**Figura 46 — Rótula tipo corte para calibración**

En la figura Nro. 47 se muestra el modelo computacional tipo rótula de corte confinado con viga collar que representa el muro de adobe reforzado con caña de vivienda rural Sumaq Wasi. El control de los parámetros de la calibración se realiza mediante rótulas de corte.



**Figura 47 — Rótula de corte en ETABS**

En la figura Nro. 48 se muestra el muro de adobe reforzado con caña 2.92 m x 0.4 m x 2.21 m en modelo computacional o numérico.

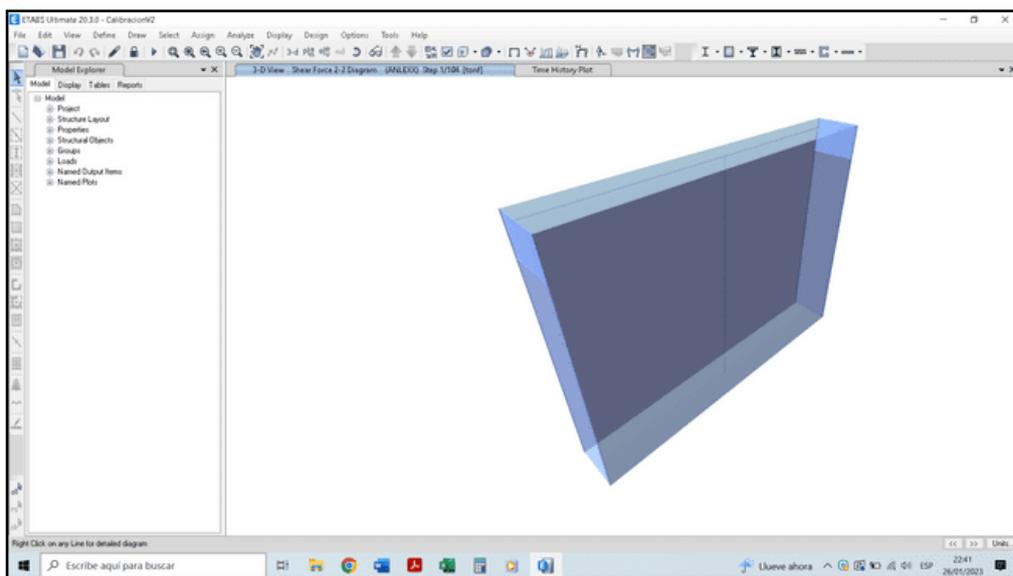


Figura 48 — Muro de adobe reforzado con caña

Se muestra la curva de capacidad generada en el programa computacional ETABS 20.3 versión estudiantil, de acuerdo a la metodología de Análisis Estático No Lineal según la norma (ASCE/SEI 41-17, 2017). En la figura Nro. 49, se detalla el comportamiento de la estructura en rango no lineal. En el eje X cortante basal originado por cargas cíclicas laterales incrementales, en eje Y desplazamiento lateral o la capacidad de fluencia de la estructura, donde se muestra el punto máximo de 2.92 tonf de cortante basal y un desplazamiento de 82 mm, posterior a ello la curva decae hasta su colapso.

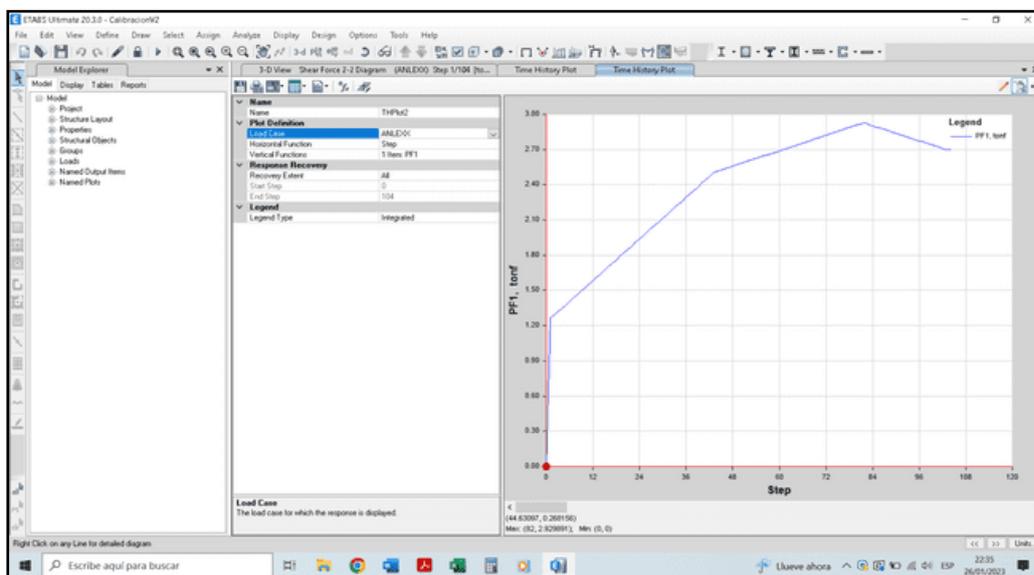


Figura 49 — Curva de capacidad generada modelo computacional

c) **Comparativa de ensayo experimental y modelo computacional**

En programa computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, se obtiene la curva de capacidad del muro de adobe reforzado con caña, dichos puntos de la curva se exportan a Excel y se realizó la comparativa con la curva que se obtuvo del ensayo realizado en laboratorio según (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017). En la figura Nro. 50, se muestra la curva de color azul que representa el ensayo experimental, mientras tanto la curva de color rojo representa el muro calibrado en programa computacional, realizando la comparativa de ambas curvas son similares. Se adjunta en el ANEXO 5, los valores de curva de capacidad de ensayo experimental y modelo computacional.

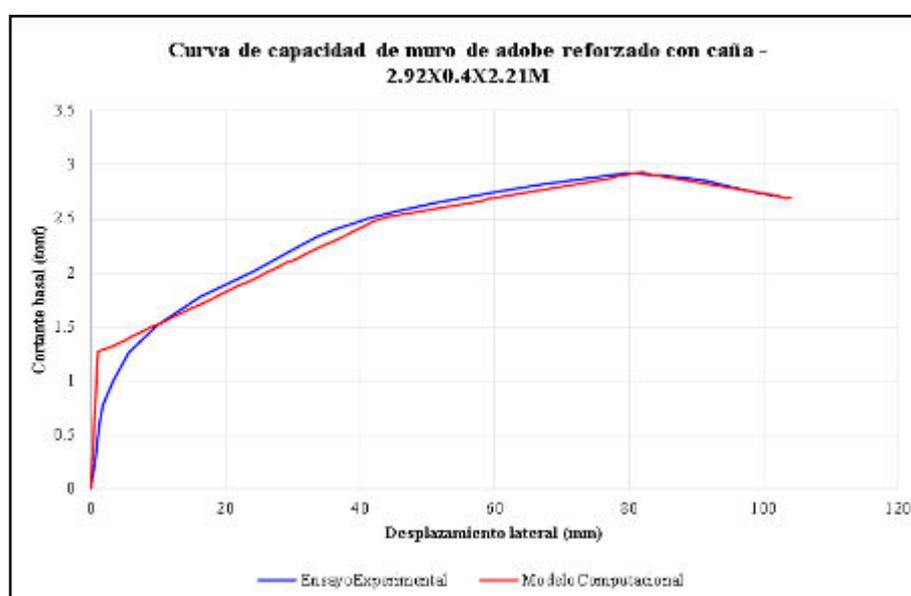


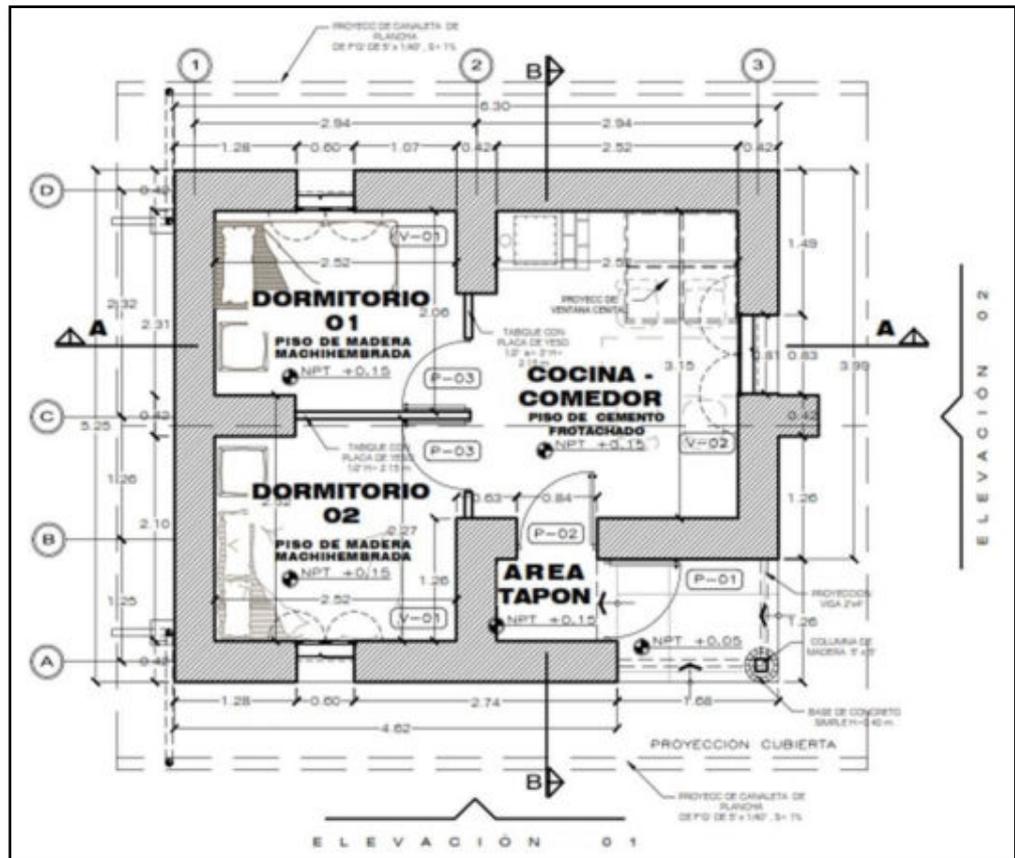
Figura 50 — Comparativa de curva de capacidad

d) **Comportamiento sísmico de vivienda rural con muro de adobe reforzado**

El módulo habitacional de adobe reforzado con caña para la sierra tiene un área de 33 m<sup>2</sup> aproximadamente, la vivienda está proyectada con tres ambientes bien definidos, cocina – comedor, dormitorio 1 y dormitorio 2 de un solo nivel, así como se muestra en la figura Nro. 51 la distribución arquitectónica de vivienda rural. Los muros son de adobe reforzado de 40 cm de ancho, presenta contrafuertes interior y exterior de la vivienda, presenta



algunos tabiques en divisiones de fibrocemento. La cobertura del techo es de calamina, a dos aguas, con tijerales y correas de madera. Los planos y detalles se adjuntan en el ANEXO 8.



**Figura 51 — Vivienda rural de muros de adobe reforzado en planta**

La presente investigación se basa en su diseño estructural primigenio del (EXPEDIENTE TÉCNICO 1 - PNVR, 2019) que se adjunta en el ANEXO 6, donde en su memoria de cálculo plantea las siguientes características mecánicas de los materiales basándose en la norma E.010 (Madera), E.080 (Diseño y construcción de tierra reforzada):

- **Propiedades de los materiales**

Módulo de elasticidad de mampostería de adobe:  $E_m = 4000 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad de madera:  $E = 90000 \text{ kg/cm}^2$

Coefficiente de Poisson:  $U = 0.25$



Peso específico de mampostería de adobe:  $\gamma = 0.0016 \text{ kg/cm}^3$

Resistencia a la tracción de caña: Mayor a 1200 kg por caña

En la figura Nro. 52, se muestra la calibración propiedades de los materiales en software computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil.

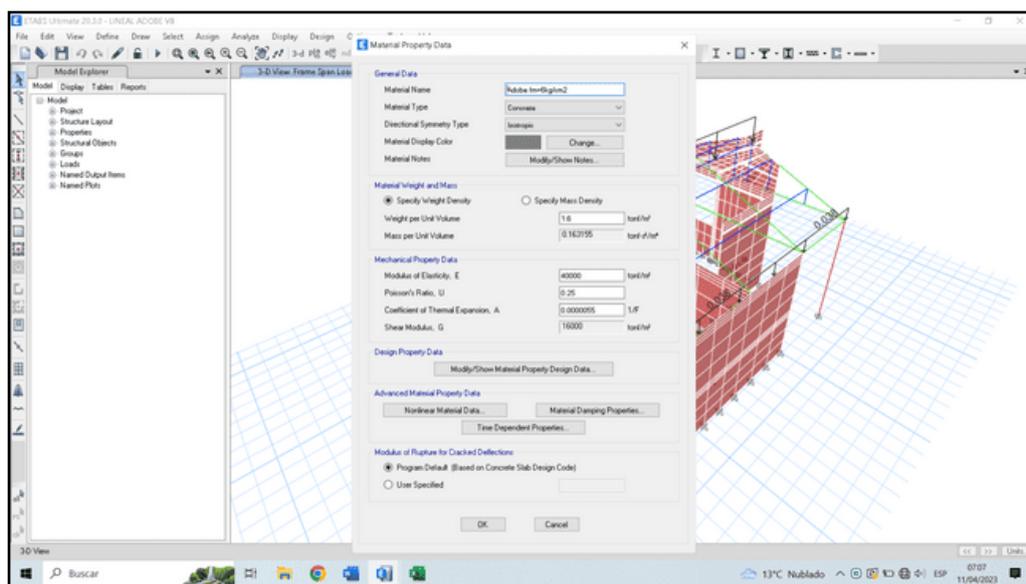
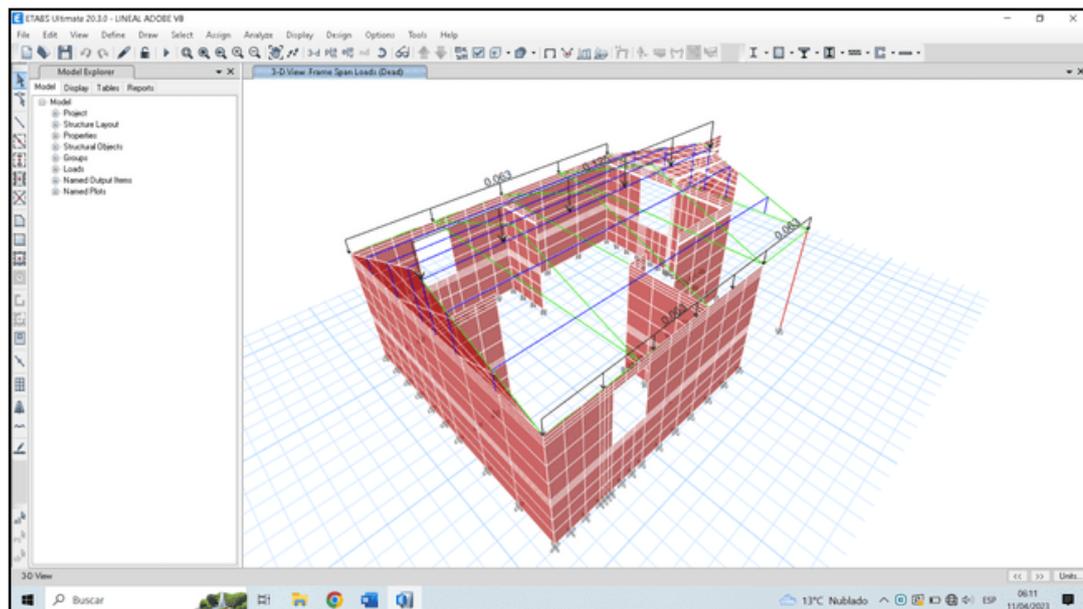


Figura 52 — Calibración de propiedades mecánicas de los materiales

- **Metrado de cargas**

**Carga muerta:** Según el cálculo estructural del expediente técnico que se adjunta en ANEXO 6, considera carga muerta a la cobertura liviana con aislante de  $50 \text{ kg/m}^2$  ( $40 \text{ kg/m}^2$  peso de cobertura y  $10 \text{ kg/m}^2$  como factor de seguridad). Se distribuye con un ancho tributario de 2.5 m, así como se muestra en la figura Nro. 53 carga muerta distribuida. Dicha carga se distribuye en tres partes, 2 en los muros y 1 en la cumbrera.



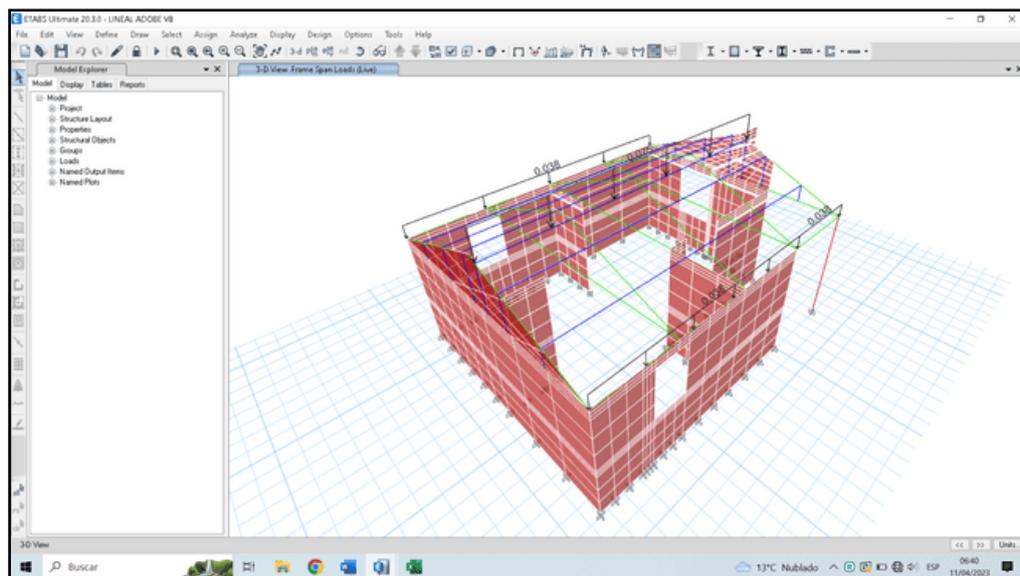
**Figura 53 — Distribución de carga muerta**

El peso propio de la estructura está conformado por muro de adobe reforzado con caña y viga collar, dicho cálculo se realiza con la calibración de materiales en el programa computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, obteniéndose como carga muerta 39.8718 tonf incluido la carga muerta distribuida en la cobertura.

**Carga viva:** Según memoria del cálculo del expediente técnico, que se adjunta en ANEXO 6, para techos de cobertura liviana de planchas onduladas, calaminas y fibrocemento, tiene una carga  $30 \text{ kg/m}^2$  (montaje), se considera un ancho tributario de 2.5 m dicha carga se distribuye en 03 partes, 02 en muros y 01 en la cumbreira. Así como se muestra en la figura Nro. 54 carga viva distribuida. El proceso de cálculo se realiza mediante el programa computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil donde se obtiene aproximadamente 1 ton. Sumando un total de carga muerta y viva es de 40 tonf.

La carga de nieve en el expediente técnico considera como factor de seguridad de  $10 \text{ kg/m}^2$  como carga permanente, tiene un diseño bastante conservador.



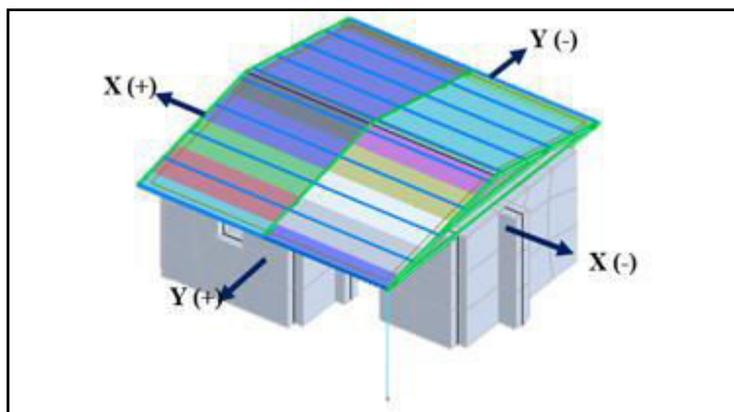


**Figura 54 — Distribución de carga viva**

**Carga de viento:** Según la norma E.020 Cargas del reglamento nacional de edificaciones; “La carga de nieve debe considerarse como carga viva. No será necesario incluir en el diseño el efecto simultáneo de viento y carga de nieve”. En este caso se considera la carga de nieve como carga viva y no es necesario la carga de viento para el diseño sísmico; mientras para el análisis de viento se realiza por otra metodología, así como menciona (VILCA LLANO, y otros, 2022) en su tesis, donde llega a la siguiente conclusión:

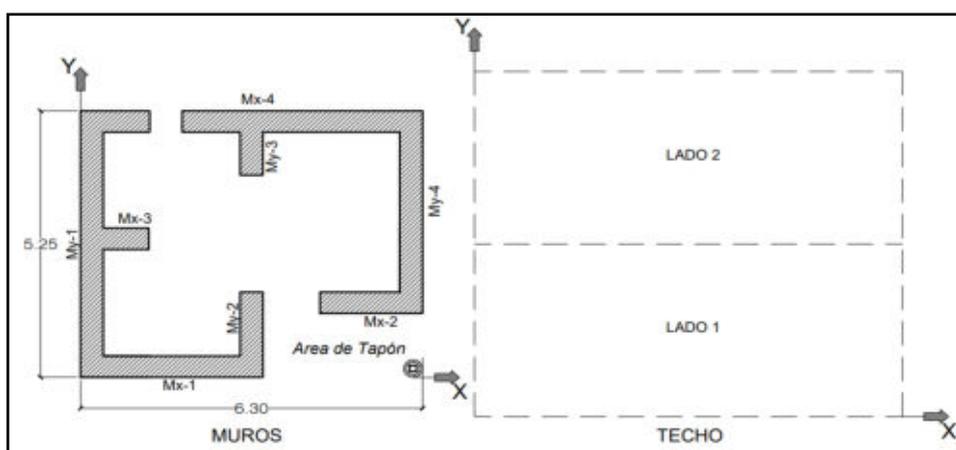
La distribución de las presiones y succiones a lo largo del módulo de vivienda rural Sumaq wasi (muros y techo), fueron calculados de forma manual y con el software Robot Structural, generando a partir de cargas de viento por una prueba de túnel de viento virtual; con la finalidad de analizar el comportamiento en las direcciones X+, X-,Y+,Y- así como se muestra en la figura Nro. 55 dirección del viento en X e Y; la presión del viento es más significativa en la dirección Y+; estos valores se calcularon para muros y techos; donde a sotavento crítico se genera en el muro My-4=-61.276 kg/m<sup>2</sup> y en el techo a barlovento crítico se genera en el lado 1=47.152 kg/m<sup>2</sup> con una succión en el lado 2=43.078 kg/m<sup>2</sup> así como se muestra en la figura Nro. 56, esto debido a que se denota la generación una serie de vórtices y turbulencia por la distribución arquitectónica,

geométrica y volado con tapón (elemento divisorio entre el exterior e interior del módulo para generar confort térmico) (p.25).



**Figura 55 — Modelamiento de la dirección del viento en X e Y**

Extraído de: (VILCA LLANO, y otros, 2022).



**Figura 56 — Disposición de muros y techos respecto al sistema de coordenadas**

Extraído de: (VILCA LLANO, y otros, 2022).

**Carga sísmica según la norma E.080:** Los datos para carga sísmica se obtienen del informe técnico de estudio de mecánica de suelos para cimentación del expediente técnico realizado por la empresa Geotest Perú que se adjunta en el ANEXO 2.

**Factor de suelo:** se basa a las condiciones geotécnicas de los perfiles de suelo, según el estudio de mecánica de suelos del expediente técnico es de perfil S2; suelos intermedios medianamente rígidos, con capacidad

admisibles  $1.00 \text{ kg/m}^2$  a una profundidad de desplante ( $D_f$ ) de 1.50 m, donde sugirieron cimentación tipo cimiento corrido, su factor de suelo es:  $S_2 = S = 1.15$ .

**Factor de uso:** se basa a la categoría de las edificaciones y factor de uso, según la norma E.030 Diseño sismorresistente, en la tabla Nro. 5, pertenece a edificaciones comunes, porque se trata de una vivienda familiar, su factor de uso es:  $U = 1$ .

**Coefficiente sísmico:** de acuerdo a los parámetros de sitio; en función al periodo de acuerdo a la tabla Nro. 4 de la norma E.030 Diseño sismorresistente,  $S_2$  corresponde  $T_p(S) = 0.6$  y  $S_L(S) = 2.0$ , el periodo fundamental es 0.1 s por ser de un solo piso y obteniendo en ETABS 20.3 versión prueba estudiantil es 0.135 s, en ambos casos es menor que 0.6, por ello el coeficiente sísmico según la norma E.030 es:  $C = 2.5$ .

**Zona sísmica:** de acuerdo al estudio de mecánica de suelos del expediente técnico, la zonificación sísmica corresponde a la Zona 3 la provincia de Espinar – Cusco, por ello el factor de zona; según la norma E.030 es  $Z = 0.35$ .

- **Creación de modelo computacional**

Se realiza la creación del modelo computacional en Software ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, bajo parámetros de calibración de las propiedades de los materiales y control con rótula de corte en los muros, así como se muestra en la figura Nro. 57 modelo computacional del muro, tijerales y correas.



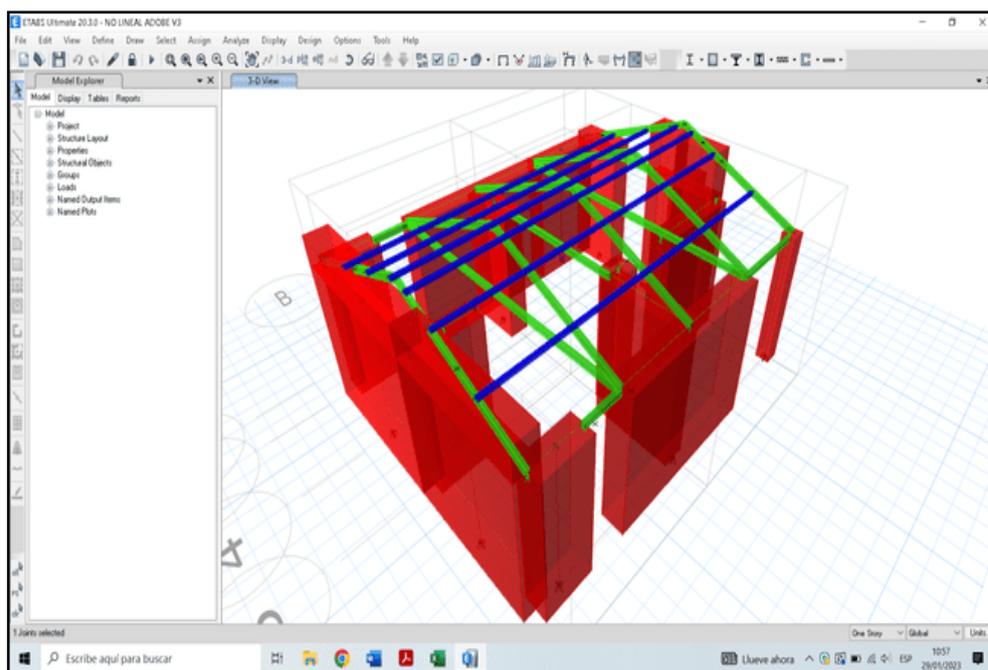


Figura 57 — Modelo computacional de vivienda rural de adobe reforzado

- **Creación de rótulas de corte para muros de adobe reforzado**

En la creación de los muros de adobe reforzado en modelo computacional en software ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, se realiza por elementos (muros hasta viga collar), gráficamente los muros están representados por una columna ancha con una rótula concentrada tipo corte, dicha rótula es el punto control del comportamiento no lineal de la estructura. Así como se muestra en la figura Nro. 58 la asignación de rótulas de corte para los parámetros de control. Los parámetros de control de rótula de corte se obtienen de la calibración del ensayo en laboratorio de muros de adobe reforzado en modelo computacional, así como se muestra en la Figura Nro. 50 comparación de curva de capacidad.

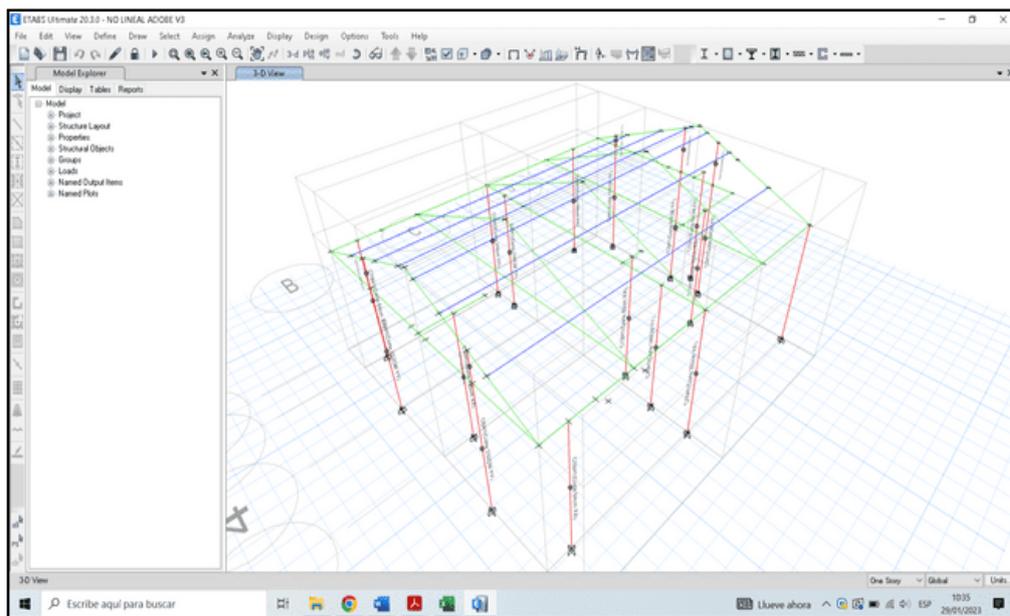


Figura 58 — Asignación de rótulas concentradas tipo corte

- **Resultados del análisis estático no lineal según ASCE/SEI 41-17**

De acuerdo a la metodología de ASCE/SEI 41-17 se realiza el análisis estático no lineal y conocer su comportamiento en rango inelástico, obteniendo su desempeño sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi de muros de adobe reforzado con caña. El Software computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, trabaja con dicha metodología, haciendo uso del software se obtiene la curva de capacidad de la estructura y el punto de desempeño. En la figura Nro. 59 se muestra la curva de capacidad en dirección X-X; donde se observa que el cortante máximo en la base es 28.1 toneladas, el desplazamiento máximo es 12.6 cm a la altura de viga collar, alcanzado a ese punto la curva decae, la estructura comienza a perder su capacidad de fluencia y posteriormente colapsa o falla.

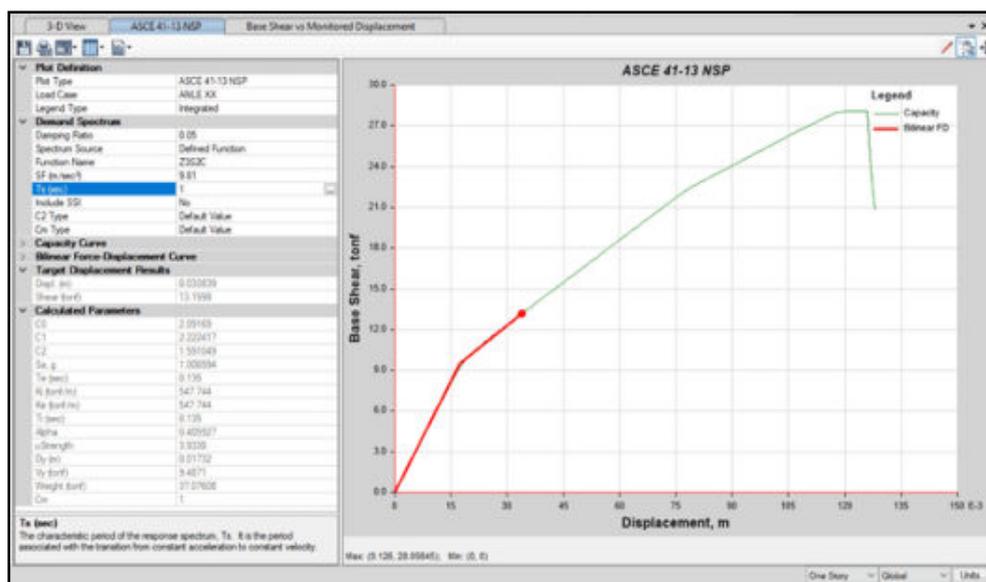


Figura 59 — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección X-X

En la figura Nro. 60 se muestra la curva bilineal de acuerdo a la norma (ASCE/SEI 41-17, 2017) dicha metodología está basado en método de coeficientes, donde en la figura se ve la curva bilineal en rango inelástico, con el parámetro que dicha línea divide en partes iguales área superior y área inferior.

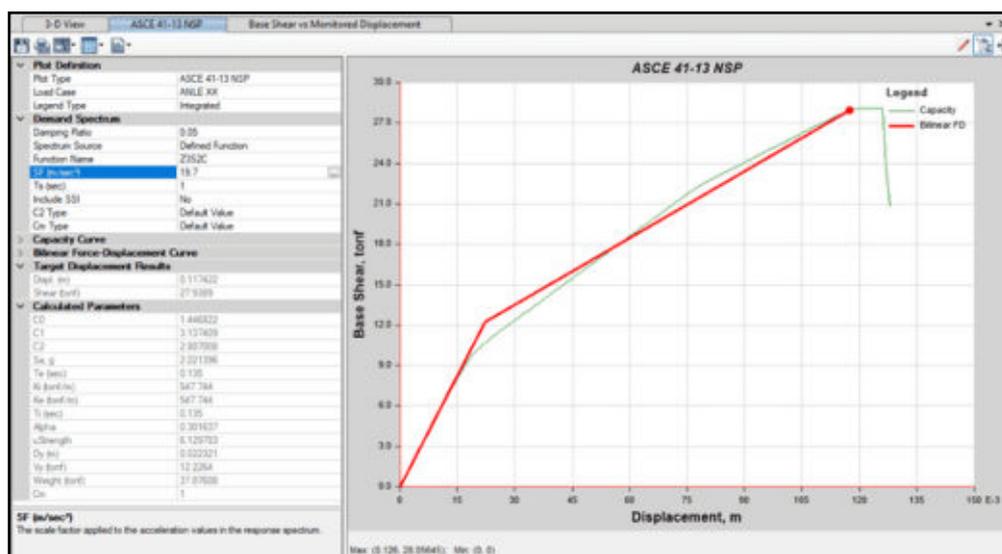


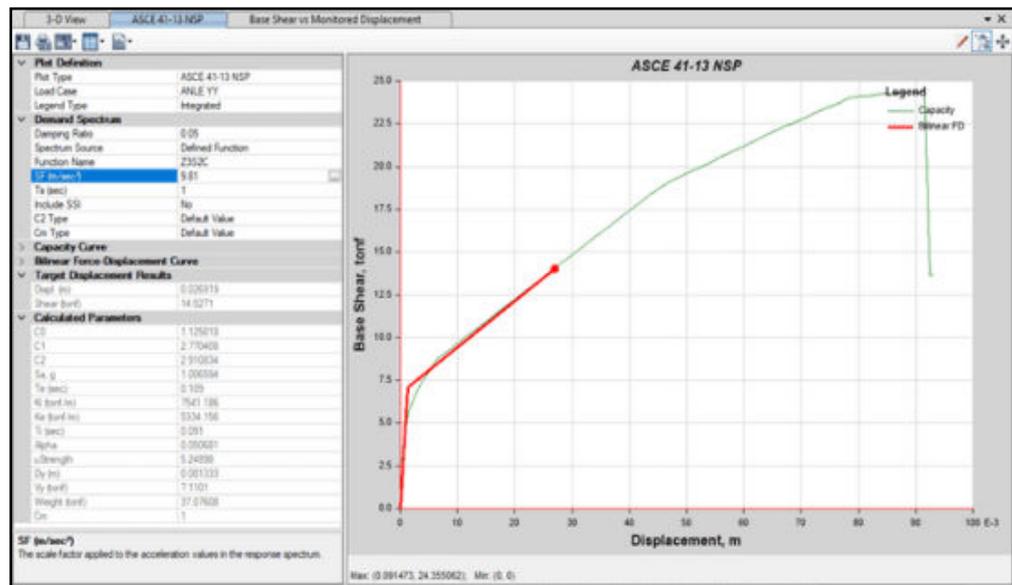
Figura 60 — Curva bilineal en la dirección X-X

Para obtener la respuesta de la vivienda rural Sumaq Wasi frente a un sismo, mediante la norma ASCE/SE 41- 17. Según la figura Nro. 59 donde se muestra curva de capacidad, el punto de desempeño sísmico y en la figura Nro. 60 que muestra la curva bilineal, se obtiene el punto óptimo, respuesta frente a un sismo o punto de desempeño, representada por la línea roja en dirección X-X y se encuentra para un desplazamiento de 3.4 cm y una cortante basal de 13.16 toneladas. En la Tabla Nro. 13 se muestra los parámetros en la obtención de punto de desempeño o respuesta frente a un sismo, en la dirección X-X calculados mediante software computacional según la ecuación (12).

**Tabla 13 — Parámetros para el cálculo de desempeño ASCE 41-17 en X-X**

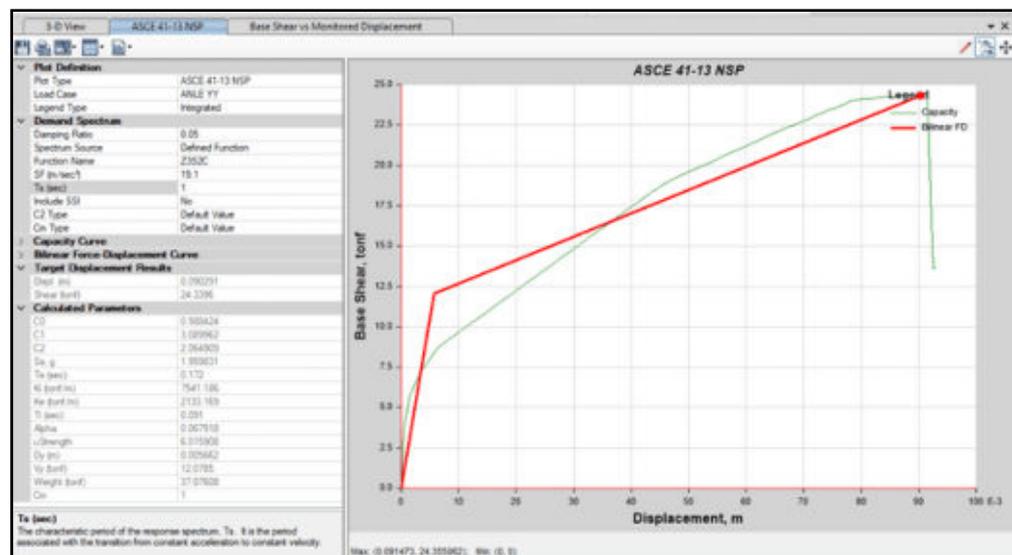
Parámetros de desempeño ASCE/SEI 41-17 dirección X-X			
$C_0$	2.09169	$S_a \cdot g$	1.006594
$C_1$	2.222417	$T_e$ (s)	0.135
$C_2$	1.591049	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	9.81

En figura Nro. 61 se muestra la curva de capacidad en dirección Y-Y; se observa que el cortante máximo en la base es 24.36 toneladas, el desplazamiento máximo es de 9.15 cm a la altura de viga collar, alcanzado a ese punto la curva decae, la estructura comienza a perder su capacidad de fluencia y posteriormente colapsa o falla.



**Figura 61 — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección Y-Y**

En la figura Nro. 62 se muestra la curva bilineal de acuerdo a la norma (ASCE/SEI 41-17, 2017) dicha metodología está basado en método de coeficientes, donde en la figura se ve la curva bilineal en rango inelástico, con el parámetro que dicha línea divide en partes iguales área superior y área inferior.



**Figura 62 — Curva bilineal en la dirección Y-Y**

Para obtener la respuesta de la vivienda rural Sumaq Wasi frente a un sismo, mediante la norma ASCE/SE 41- 17. Según la figura Nro. 61 donde



se muestra la curva de capacidad, el punto de desempeño sísmico y en la figura Nro. 62 que muestra la curva bilineal, de ello se obtiene el punto de desempeño, está representado por la línea roja en dirección Y-Y y se encuentra para un desplazamiento de 2.69 cm y una cortante basal de 14.03 toneladas. En la Tabla Nro. 14 se muestra los parámetros en la obtención de punto de desempeño o respuesta frente a un sismo, en la dirección Y-Y calculados mediante software computacional según la ecuación (12).

**Tabla 14 — Parámetros para el cálculo de desempeño ASCE 41-17 en Y-Y**

Parámetros de desempeño ASCE/SEI 41-17 dirección Y-Y			
$C_0$	1.125018	$S_a \cdot g$	1.006594
$C_1$	2.770408	$T_e$ (s)	0.109
$C_2$	2.910834	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	9.81

- **Desempeño sísmico de vivienda rural con muros de adobe reforzado**

Según VISIÓN 2000 (SEAOC, 1995) se sectoriza la curva de capacidad para obtener el desempeño sísmico de vivienda rural Sumaq Wasí con muros de adobe reforzado con caña. El punto de desempeño tiene un desplazamiento de 3.4 cm y una cortante basal de 13.16 toneladas, se ubica en los límites de sectorización de curva de capacidad, así como se muestra en la tabla Nro. 15 límites de sectorización de curva de capacidad en el eje X-X.

**Tabla 15** — Parámetros de sectorización de curva de capacidad en eje X-X

Nivel de desempeño	Límite de nivel de desempeño (cm)
Inicio de fluencia	2.2
Ocupación Inmediata	5.32
Resguardo de vida	8.44
Cerca al colapso	10.52
Colapso	12.6

En la figura Nro. 63 se muestra gráficamente la ubicación del punto de desempeño en la curva de capacidad sectorizada según VISIÓN 2000, para un desplazamiento de 3.4 cm en la dirección X-X, dicho punto se encuentra en la sección de ocupación inmediata.



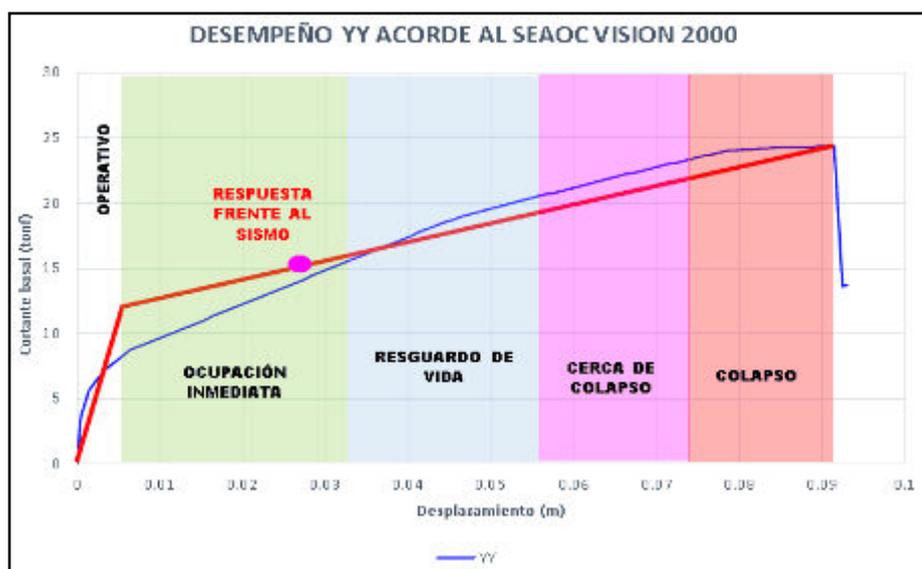
**Figura 63** — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección X-X

La tabla Nro. 16 se muestra, los límites de sectorización de curva de capacidad planteada según VISIÓN 2000 (SEAOC, 1995) para el punto de desempeño obtenido en la dirección Y-Y, para un desplazamiento de 2.69 cm y una cortante basal de 14.03 toneladas.

**Tabla 16 — Parámetros para el cálculo de desempeño en dirección Y-Y**

Nivel de desempeño	Límite de nivel de desempeño (cm)
Inicio de fluencia	0.57
Ocupación Inmediata	3.13
Resguardo de vida	5.69
Cerca al colapso	7.39
Colapso	9.10

En la figura Nro. 64 se muestra gráficamente la ubicación del punto de desempeño en la curva de capacidad sectorizada según VISIÓN 2000, para un desplazamiento de 3.4 cm en la dirección Y-Y, dicho punto se encuentra en la sección de ocupación inmediata.



**Figura 64 — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección Y-Y**

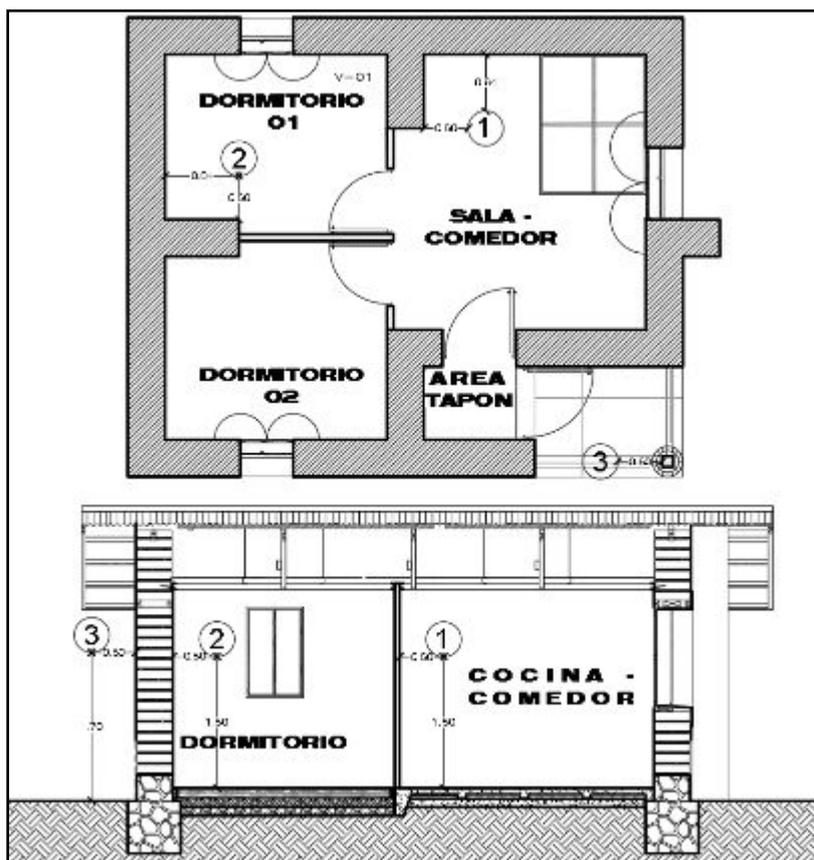


La vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña, tanto en dirección X-X y Y-Y, de acuerdo a los resultados obtenidos en el software computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil. Se ubica en nivel de desempeño sísmico de ocupación inmediata, que significa que la respuesta de la estructura frente a un sismo severo, su daño es reducido en componentes no estructurales, sin compromiso para la seguridad de los ocupantes. Su rigidez de los muros casi se mantiene íntegramente y presenta fisuras reparables.

### 5.1.2. Análisis térmico

El presente trabajo de investigación tiene como uno de los objetivos de diagnosticar el comportamiento térmico al interior de la vivienda rural Sumaq Wasi de muros de adobe reforzado con caña, ubicados en la Provincia de Espinar, Cusco - 2022. Para ello se basó en los protocolos de medición de sensación térmica que realizó (RIOFRÍO PEREDO, 2019) en una tesis, donde detalla la ubicación, distancia del muro y la altura de piso que se debe colocar, los instrumentos dataloggers para realizar la medición de la sensación térmica al interior y exterior del conjunto constructivo del módulo habitacional.

Para registro de datos se utilizó el instrumento data logger DTR-305 EZDO GOND, se adjunta en ANEXO 4 los certificados de calibración de los equipos utilizados. La colocación del equipo se realizó, así como se muestra en el gráfico Nro. 65, un equipo al exterior de la vivienda para registrar el comportamiento térmico ambiental, dos equipos al interior de la vivienda (01 en área social y 01 en dormitorio).



**Figura 65 — Ubicación de Data logger al interior y exterior de la vivienda**

La medición de temperatura se inició a mediados de abril, donde inicia la época de heladas en zonas altoandinas, se continuó en mes de mayo, junio y julio; a las viviendas rurales Sumaq Wasi construidas en plan multisectorial ante heladas y friajes 2019 – 2021.

El presente trabajo tiene limitaciones en análisis térmico, en controlar el calor por evaporación, capacidad de absorción, balance térmico, inercia térmica, ya que implicaría disponer de un equipo especializado para la medición. Solo se enfoca a la medición de la sensación térmica al interior de la vivienda del conjunto constructivo (componente estructural y componente arquitectónico).

A continuación, se detalla el comportamiento térmico de 08 viviendas rurales Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña, donde presenta 03 variaciones mínimas en su componente arquitectónico. El plano de ubicación se adjunta en ANEXO 8.

a) **Variación I**

Se realizó los estudios en 02 viviendas rurales Sumaq Wasi de tipo variación I, sus características se detallan en la tabla Nro. 17 y los planos se adjunta en ANEXO 8.

**Tabla 17 — Variación I de muro de adobe reforzado con caña**

TIPO DE VIVIENDA	CARACTERÍSTICAS
Vivienda Rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña	<b>Dimensiones:</b> es de 6.30 m x 5.25 m ocupando un área de 33.075 m <sup>2</sup> ; como principal componente en aislante térmico son los muros de adobe reforzado con caña. La distribución del módulo habitacional tiene 01 área tapón, 01 área social (sala – comedor) y 02 dormitorios, las divisiones interiores entre área social y dormitorios son de placas de yeso drywall.
	<b>Cobertura:</b> techo con calamina de 11 canales espesor 0.30 mm a dos aguas como aislante utiliza poliestireno expandido de densidad 10 para evitar el flujo de calor interior hacia el exterior generando una cámara de aire en la parte inferior de la cobertura y el cielorraso.
	<b>Ducto cenital:</b> captador de calor de policarbonato 01 ducto solar ubicado a dos aguas en el techo para dotar a los ambientes mayor iluminación y permiten a la vez el ingreso de radiación solar.
	<b>Cielo raso:</b> Baldosas termoacústicas con perfiles.
	<b>Ventanas cenitales o claraboyas:</b> Policarbonato compacto transparente de 2 mm que no permitan que el calor ganado y acumulado durante el día, se pierda fácilmente.
	<b>Puerta:</b> Al interior 01 puerta contraplacada con acceso a área social, 02 puertas contraplacadas para acceso a los dormitorios, 01 puerta principal de madera machihembrada lleva como aislante térmico poliestireno expandido.
	<b>Ventanas:</b> 03 ventanas con marco de aluminio, bien sellados y garantizan la hermeticidad del paño al cerrarse.
	<b>Contraventanas:</b> 03 contraventanas de madera tratada al interior llevan material aislante poliestireno expandido.
<b>Pisos:</b> Dormitorio 1 y 2 de madera machihembrada tratadas para su aislamiento térmico, excavación, llenado de piedra, tierra cernida en malla # 04 y colocado sobre las piedras, lámina de plástico como aislante para la ascensión de la humedad, tierra cernida en malla # 04, instalación de durmientes de madera, entablado con madera machihembrado tratada asegurado con clavo sin cabeza para su acabado pulido y laqueado. Piso de concreto f'c=140 kg/cm <sup>2</sup> en área social para mejorar su aislante térmico se coloca planchas de poliestireno expandido de densidad 10 kg/m <sup>3</sup> y aceros de temperatura y su acabado es pulido coloreado con ocre.	
<b>Revoques y/o revestimiento:</b> Al exterior los zócalos son tarrajeados con arena y cemento, al interior tiene un revoque de yeso, el muro exterior enlucido con yeso.	



- **Módulo habitacional con muros de adobe reforzado con caña 1-1**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 66, cuyo propietario es el Sr. Victoriano Choquehuanca Mamani, está ubicado en el distrito de Checca – Canas – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 240432.80 m E, 388735.14 m S y una altitud de 4035 msnm, donde se colocaron 03 equipos data logger; 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



**Figura 66 — Módulo habitacional con muros de adobe reforzado con caña 1-1**

En la figura Nro. 67 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de la vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 18 y 19 de abril del 2022 las 24 horas; donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda tiene energía eléctrica y el beneficiario hace uso de los dormitorios.

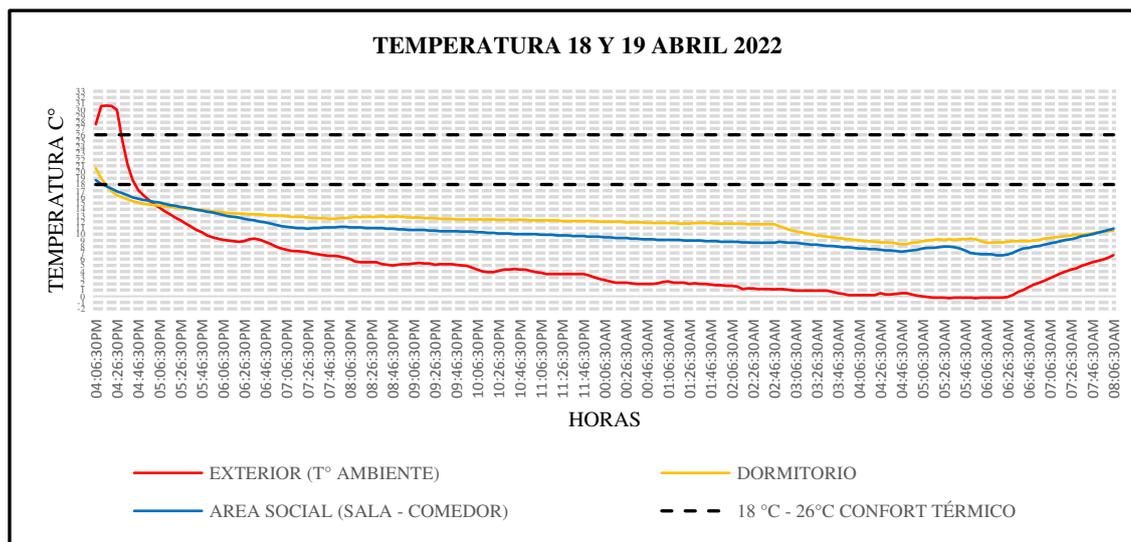


Figura 67 — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 1 – 1

- **Módulo habitacional con muros de adobe reforzado con caña 1-2**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 68, cuyo propietario Sr. Fausto Choquehuanca Banda, está ubicado en el distrito de Checca y Pichigua – Espinar – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 240609.25 m E, 8392731.37 m S y una altitud de 3893 msnm, donde se colocaron 03 equipos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



Figura 68 — Módulo habitacional 1-2

En la figura Nro. 69 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de la vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 19 y 20 de abril del 2022, donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda tiene energía eléctrica y el beneficiario hace uso de los dormitorios.

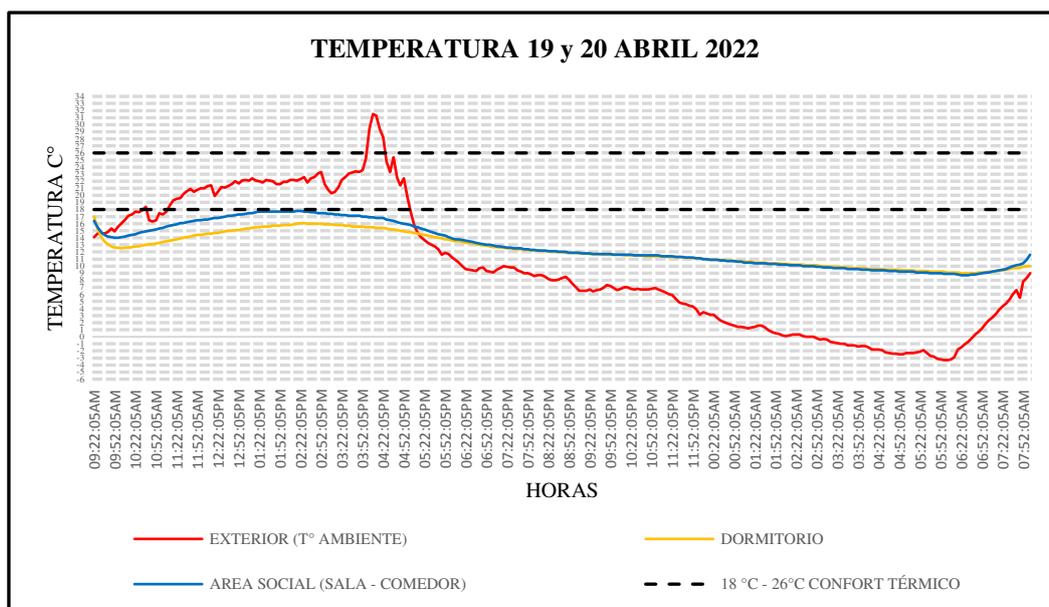


Figura 69 — Comportamiento térmico de vivienda 1 – 2

**b) Variación II**

Se realizó los estudios en 03 viviendas rurales Sumaq Wasi de tipo variación II, sus características se detallan en la tabla Nro. 18.

Tabla 18 — Variación II de muros de adobe reforzado con caña

TIPO DE VIVIENDA	CARACTERÍSTICAS
Vivienda Rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña	<b>Dimensiones:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Cobertura:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Ducto cenital:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Cielo raso:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Ventanas cenitales o claraboyas:</b> acrílico transparente de 2mm que no permitan que el calor ganado y acumulado durante el día, se pierda fácilmente.
	<b>Puerta:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Ventanas:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Contraventanas:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Pisos:</b> Piso de concreto $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con acero de temperatura, acabado pulido coloreado con ocre en dormitorio 1, dormitorio 2 y área social. Utiliza como aislante térmico poliestireno expandido de densidad 10 en todo el perímetro interior de sobrecimiento como una junta.
<b>Revoques y/o revestimiento:</b> Al exterior los zócalos son tarrajeados con arena y cemento, al interior tiene un revoque de yeso, el muro exterior enlucido con yeso.	

- **Módulo habitacional con muros de adobe reforzado con caña 2-1**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro.70, cuya propietaria en la Sra. María Nieves Cordova de Chacca, está ubicado en distrito de Espinar – Espinar – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 248189.93 m E, 8358744.95 m S y una altitud de 3943 msnm, donde se colocaron 03 equipos data logger; 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



**Figura 70 — Módulo habitacional 2 – 1**

En la figura Nro. 71, se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de la vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 20 y 21 de abril del 2022; donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el ambiente social y línea amarilla al dormitorio. La vivienda tiene energía eléctrica y el beneficiario hace uso de los dormitorios y el área social.

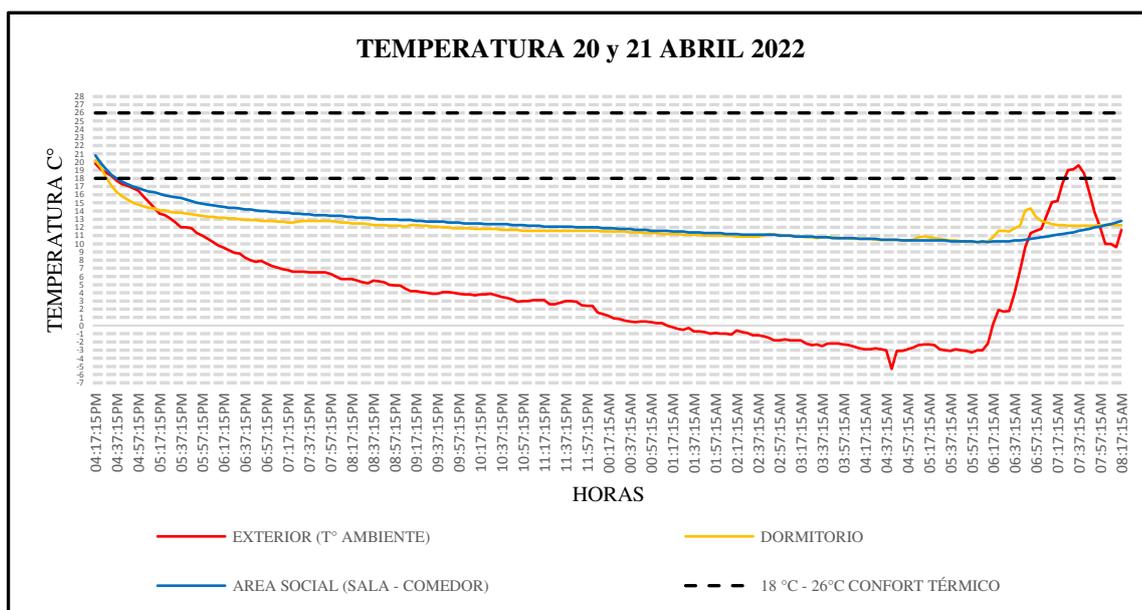


Figura 71 — Comportamiento térmico de vivienda 2 – 1

- **Módulo habitacional con muros de adobe reforzado con caña 2-2**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 72, cuyo propietario es el Sr. Hermógenes Huallpa Larota, está ubicado en distrito de Espinar – Espinar – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 248491.87 m E, 8359046.37 m S y una altitud de 3943 msnm, donde se colocaron 03 equipos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



Figura 72 — Módulo habitacional 2 – 2

En la figura Nro. 73, se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de la vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 21 y 22 de abril del 2022, donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda tiene energía eléctrica y el beneficiario hace uso de los dormitorios y el área social.

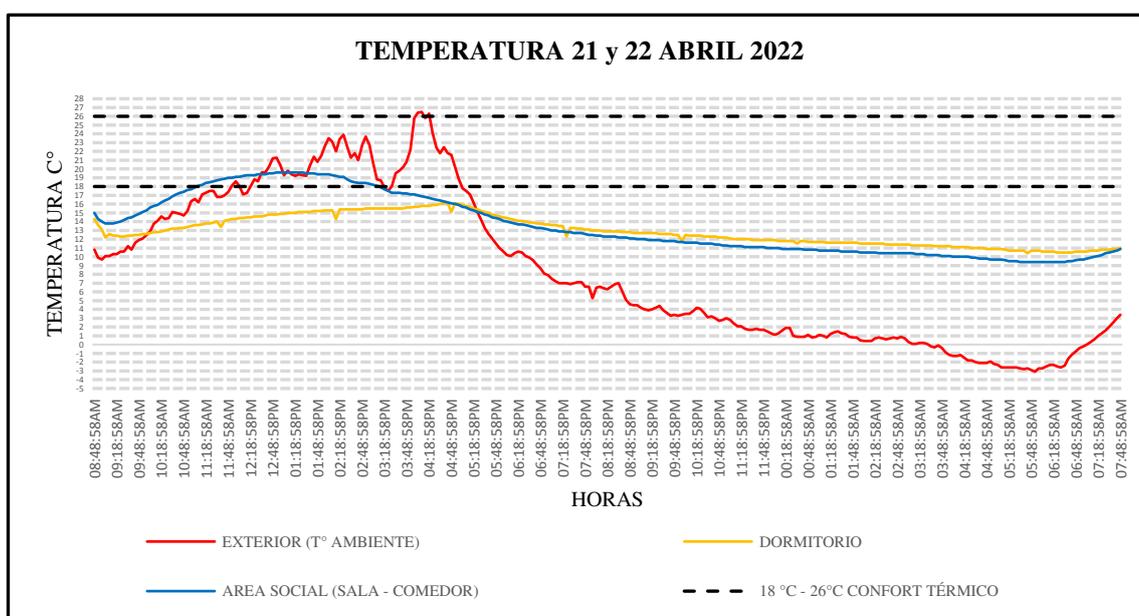


Figura 73 — Comportamiento térmico de vivienda 2 – 2

- **Módulo habitacional con muros de adobe reforzado con caña 2-3**

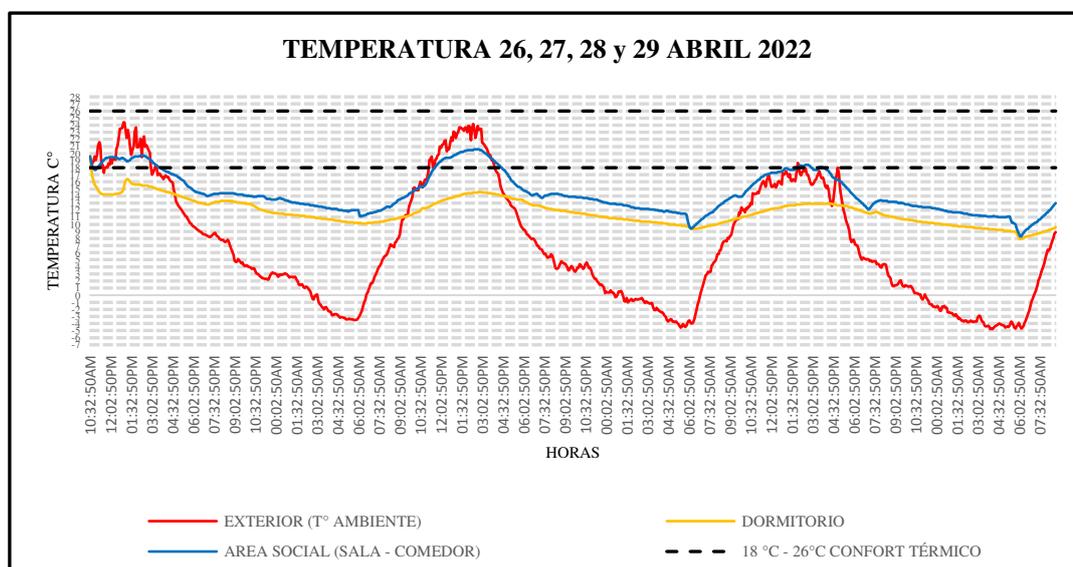
La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 74, cuyo propietario es el Sr. Fidel Tarifa Laucata, está ubicado en el distrito de Alto Pichigua – Espinar – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 257470.15 m E, 8366874.39 m S y una altitud de 4034 msnm, donde se colocaron 03 equipos data logger 02 en interior y 01 exterior.





**Figura 74 — Modelo de vivienda 2 – 3**

En la figura Nro. 75, se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de la vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 26, 27, 28 y 29 de abril del 2022, donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda tiene energía eléctrica y el beneficiario hace uso de los dormitorios y el área social.



**Figura 75 — Comportamiento térmico de vivienda 2 – 3**

### c) Variación III

Se realizó los estudios en 03 viviendas rurales Sumaq Wasi de tipo variación III, sus características se detallan en la tabla Nro. 19.

Tabla 19 — Variación III de muro de adobe reforzado con caña

TIPO DE VIVIENDA	CARACTERÍSTICAS
Vivienda Rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña	<b>Dimensiones:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Cobertura:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Ducto cenital:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Cielo raso:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Ventanas cenitales o claraboyas:</b> acrílico transparente de 2mm que no permitan que el calor ganado y acumulado durante el día, se pierda fácilmente.
	<b>Puerta:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Ventanas:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Contraventanas:</b> similar al modelo de vivienda I.
	<b>Pisos:</b> Piso de concreto $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con acero de temperatura, acabado pulido coloreado con ocre en dormitorio 1, dormitorio 2 y área social. Utiliza como aislante térmico poliestireno expandido de densidad 10 en todo el perímetro interior de sobrecimiento como una junta.
	<b>Revoques y/o revestimiento:</b> Al exterior los zócalos son tarrajeados con arena y cemento, al interior tiene un revoque de yeso, el muro exterior enlucido con yeso.
<b>Estufa saludable:</b> considera al interior de la vivienda una estufa de ladrillo que es fuente de calor interno para evitar el humo al interior de la vivienda se genera el calor a través de carbón.	

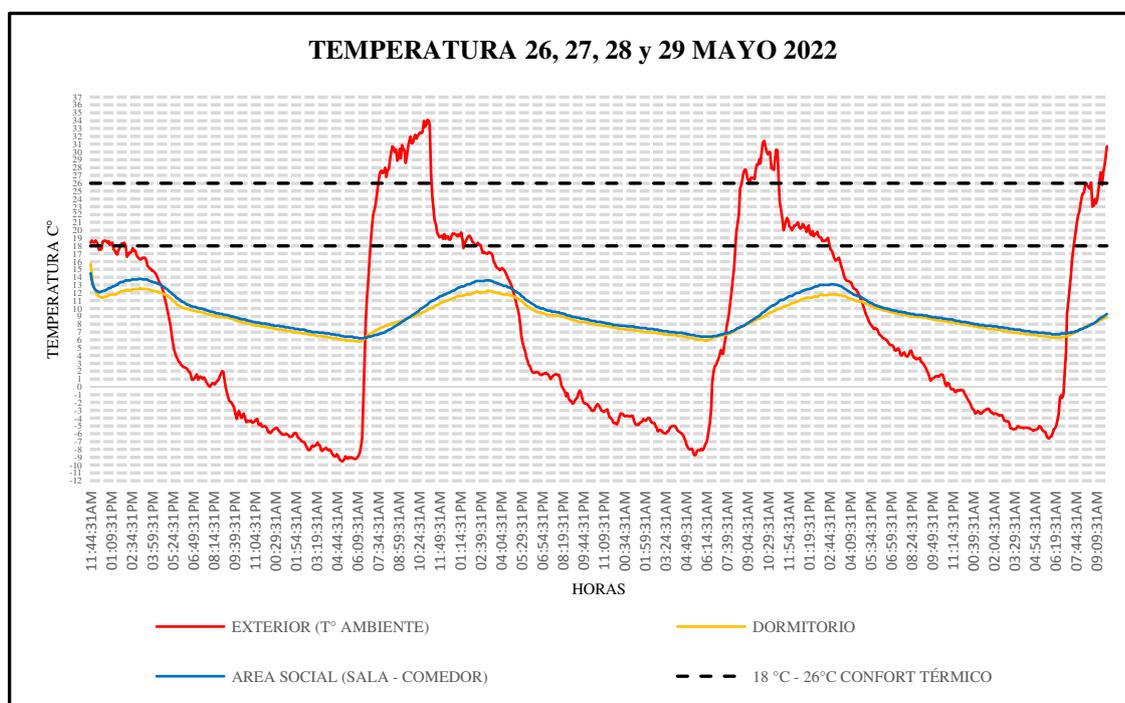
- **Módulo habitacional con muros de adobe reforzado con caña 3-1**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 76, cuyo propietario es el Sr. Vicente Espirilla Ollachica, está ubicado en distrito de Pallpata – Espinar – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 260618.59 m E, 8357734.14 m S y una altitud de 4022 msnm, donde se colocaron 03 equipos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



**Figura 76 — Módulo habitacional 3-1**

En la figura Nro. 77 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de la vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 26,27,28 y 29 de mayo del 2022, donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda tiene energía eléctrica y el beneficiario hace uso de los dormitorios.



**Figura 77 — Comportamiento térmico de vivienda 3 – 1**

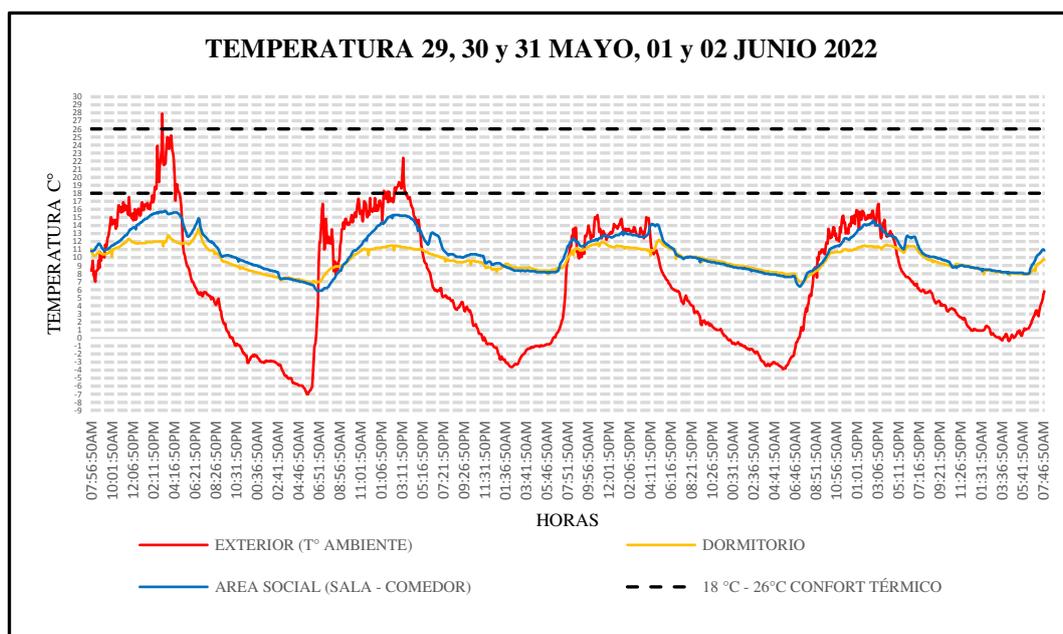
- **Módulo habitacional con muros de adobe reforzado con caña 3-2**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro.78 cuyo propietario es el Sr. Luís Lupo Cjuno, está ubicado en distrito de Pallpata – Espinar – Cusco, zona 19S, con coordenadas UTM 257764.98 m E, 8356884.63 m S y una altitud de 4004 msnm, se colocaron 03 equipos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



**Figura 78 — Módulo habitacional 3-2**

En la figura Nro. 79 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 29,30 y 31 de mayo y 01, 02 de junio del 2022, donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda no cuenta con energía eléctrica utiliza panel solar, el beneficiario hace uso de dormitorios y en sala comedor prepara sus alimentos.



**Figura 79 — Comportamiento térmico de vivienda 3-2**

- **Módulo habitacional con muros de adobe reforzado con caña 3-3**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 80 cuyo propietario es el Sr. Benito Tarifa Chullo, está ubicado en distrito de Pallpata – Espinar – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 257591.78 m E, 8358045.12 m S y una altitud de 4017 msnm, donde se colocaron 03 instrumentos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



**Figura 80 — Módulo habitacional 3-3**

En la figura Nro. 81 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 02,03 y 04 de junio del 2022; donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio.

La vivienda no cuenta con energía eléctrica utilizan alumbrado por conversor de panel solar; el beneficiario hace uso de los dormitorios y sala - comedor.

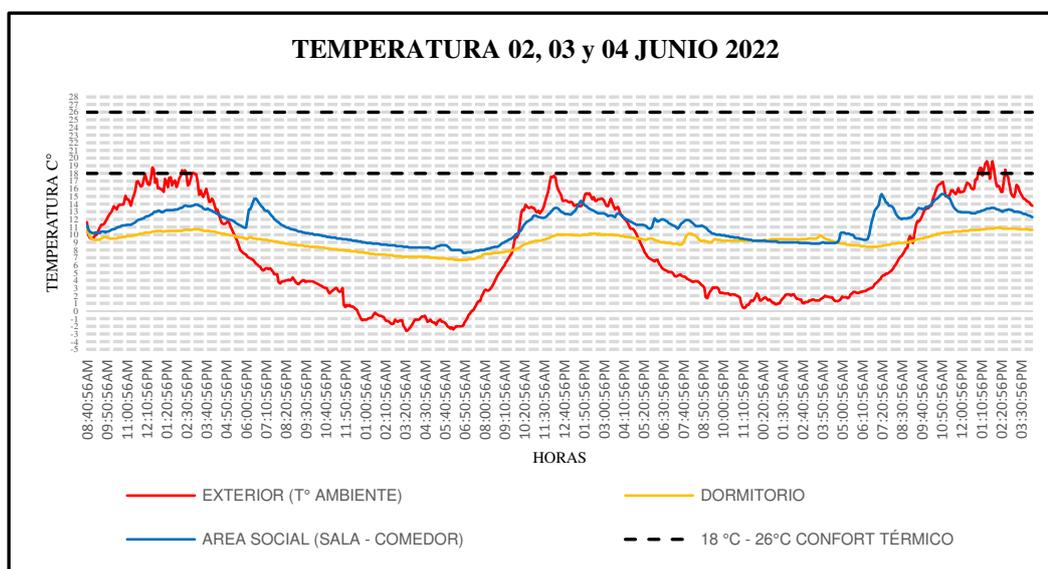


Figura 81 — Comportamiento térmico de vivienda 3 – 3

Tabla 20 — Resumen de comportamiento térmico de muro de adobe reforzado con caña

Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña, intervalo 3:00PM – 8:00 AM									
Tipos		Variación I		Variación II			Variación III		
Mes		Abril	Abril	Abril	Abril	Abril	Mayo	Mayo/ junio	Junio
Fecha		(18,19)	(19,20)	(20,21)	(21,22)	(26,27, 28,29)	(26,27, 28,29)	(29,30, 31/01, 02)	(02,03, 04)
msnm		4035	3893	3943	3943	4034	4022	4004	4017
Interior de la vivienda	Media	10.9 °C	11.6 °C	12.2 °C	12.2 °C	12.4 °C	8.6 °C	9.7 °C	9.6 °C
	Mediana	10.7 °C	11.3 °C	11.8 °C	11.7 °C	12.2 °C	8.1 °C	9.3 °C	9.3 °C
	Desviación estándar	2.4 °C	2.2 °C	1.8 °C	2.1 °C	2.2 °C	2.0 °C	1.9 °C	1.7 °C
Exterior de la vivienda	Media	5.0 °C	6.5 °C	4.4 °C	5.1 °C	3.5 °C	1.3 °C	3.4 °C	4.1 °C
	Mediana	3.6 °C	6.2 °C	3.4 °C	2.3 °C	2.6 °C	-0.8 °C	1.7 °C	2.7 °C
	Desviación estándar	5.9 °C	8.0 °C	6.3 °C	7.5 °C	6.4 °C	8.2 °C	6.4 °C	4.9 °C



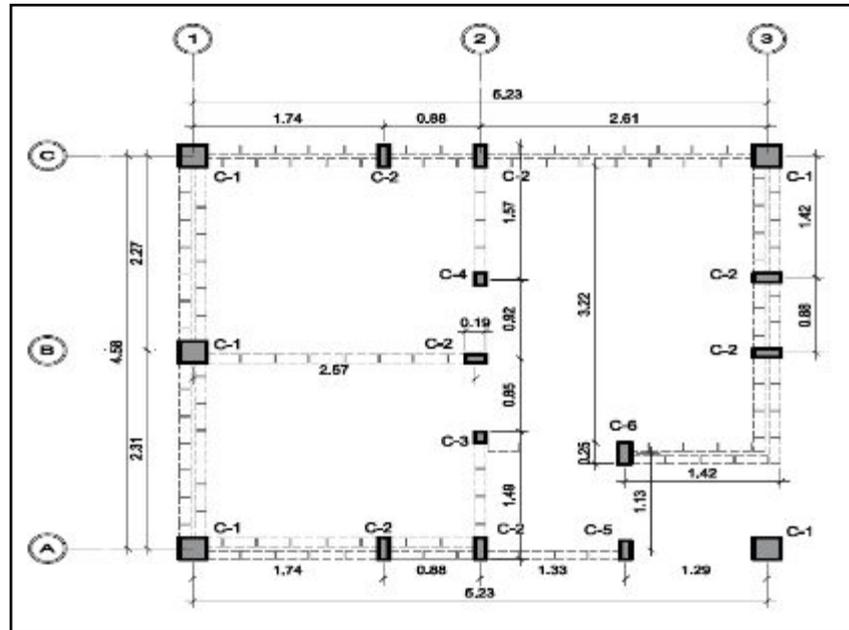
En la tabla Nro. 20 se muestra el resumen de comportamiento térmico de muro de adobe reforzado con caña. En tipo variación I se mantiene la sensación térmica al interior de la vivienda, es por la ubicación de la ventana cenital en la cumbrera del techo a dos aguas. En tipo variación II se mantiene la sensación térmica también, es por la ubicación de la ventana cenital a dos aguas en la cumbrera del techo. En tipo variación III la sensación térmica decae es efecto de la ubicación de ventana cenital que está a una esquina de la cobertura del techo, en su diseño tiene una estufa al interior de la vivienda que no funciona por su mal diseño. En proyectos de 2019 y 2020 los pisos en los dormitorios son de madera machihembrada, en 2022 todos los pisos son de concreto pulido. En conclusión, de las 8 viviendas muestreadas, el comportamiento térmico al interior de la vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña no supera los 14 °C, así como menciona el programa en su publicación de portal web (MVCS, 2022).

### **5.1.3. Resultados de vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS)**

#### **5.1.3.1. Análisis sísmico**

Según (EXPEDIENTE TÉCNICO 2 - PNVR, 2019): Tiene un sistema estructural de pórticos que contiene vigas y columnas, se propone que se integren el doble muro de ladrillo perimetral, ya que es la mejor forma de arriostrarlos y asegurarlos, tiene un espesor de muro 25 cm. medida que condiciona el ancho de vigas y columnas. La vivienda rural es de un solo nivel y de techo ligero o bajo volumen de masa inercial para el caso sísmico, por ello no se han propuesto innecesariamente estructuras con capacidades especiales de ductilidad que impliquen considerar momentos y esfuerzos provenientes de la capacidad de la armadura o refuerzo, sino simples estructuras con balanceo intermedio en su diseño, sujeto a cargas gravitacionales, sísmicas y/o de viento. Así como se muestra en la figura Nro. 82 la configuración estructural: 02 tipos vigas 0.25mx0.25m acero  $\emptyset$  3/8" estribos de  $\emptyset$  8mm y 0.10mx0.25m acero  $\emptyset$  3/8" estribos S de  $\emptyset$  6mm; y 06 tipos de columnas 0.25mx0.25m acero  $\emptyset$  5/8" estribos de  $\emptyset$  8mm, 0.10mx0.25m acero  $\emptyset$  1/2" estribos S

de  $\varnothing 6\text{mm}$ ,  $0.10\text{m} \times 0.10\text{m}$  acero  $\varnothing 3/8''$  estribos S de  $\varnothing 6\text{mm}$ ,  $0.10\text{m} \times 0.15\text{m}$  acero  $\varnothing 3/8''$  estribos S de  $\varnothing 6\text{mm}$ ,  $0.10\text{m} \times 0.21\text{m}$  acero  $\varnothing 3/8''$  estribos S de  $\varnothing 6\text{mm}$ ,  $0.12\text{m} \times 0.25\text{m}$  acero  $\varnothing 1/2''$  estribos S de  $\varnothing 6\text{mm}$ ; de concreto armado de resistencia  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ . Se adjunta en los planos de detalles en ANEXO 8.



**Figura 82 — Configuración estructural de doble muro de ladrillo con EPS**

**a) Propiedades de sistema de pórticos de concreto armado**

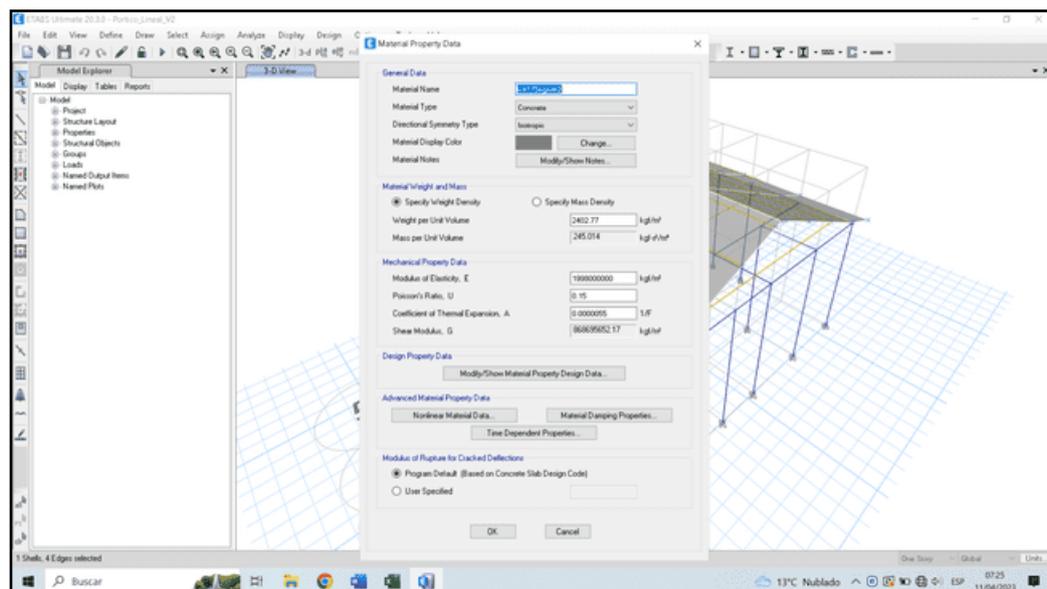
Según (EXPEDIENTE TÉCNICO 2 - PNVR, 2019), en su memoria de cálculo plantea las siguientes propiedades de los materiales:

Resistencia a la compresión de concreto:  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad de concreto:  $E = 15100 * \sqrt{175} = 199754.224 \text{ kg/cm}^2$

Peso específico del concreto:  $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$

En la figura Nro. 83 se muestra la calibración de las propiedades mecánicas de los materiales al programa computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil.



**Figura 83 — Calibración de propiedades mecánicas de los materiales**

## b) Metrado de cargas

- **Carga muerta**

Según memoria de cálculo que se adjunta en el ANEXO 7 considera: peso unitario de cobertura  $10 \text{ kg/m}^2$ , peso adicional montaje  $5 \text{ kg/m}^2$ , peso de accesorios e instalación  $2 \text{ kg/m}^2$ , peso equipos adicionales y luminarias  $2 \text{ kg/m}^2$  y carga permanente unitaria  $19 \text{ kg/m}^2$ , un total de  $38 \text{ kg/m}^2$  de carga muerta. En herramienta computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil se colocó como elemento área, así como se muestra en la figura Nro. 84, obteniendo una carga muerta total de 8.98 ton, solo considera columnas, vigas y carga distribuida tipo área y es despreciable los muros de ladrillo de confinamiento.

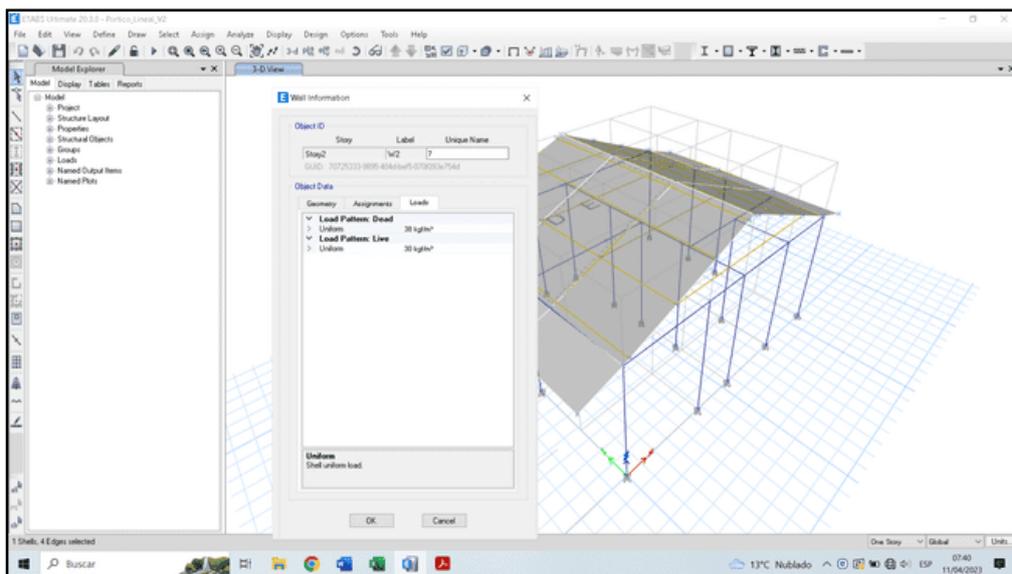


Figura 84 — Carga muerta como elemento área

- **Carga viva**

Según a la memoria de cálculo que se adjunta en ANEXO 7, se observa que toma básico de  $30 \text{ kg/m}^2$  como sobrecarga techo de cobertura liviana (nieve), se coloca al programa computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, así como se muestra en la figura Nro. 85, obteniéndose como carga viva 1 tonf.

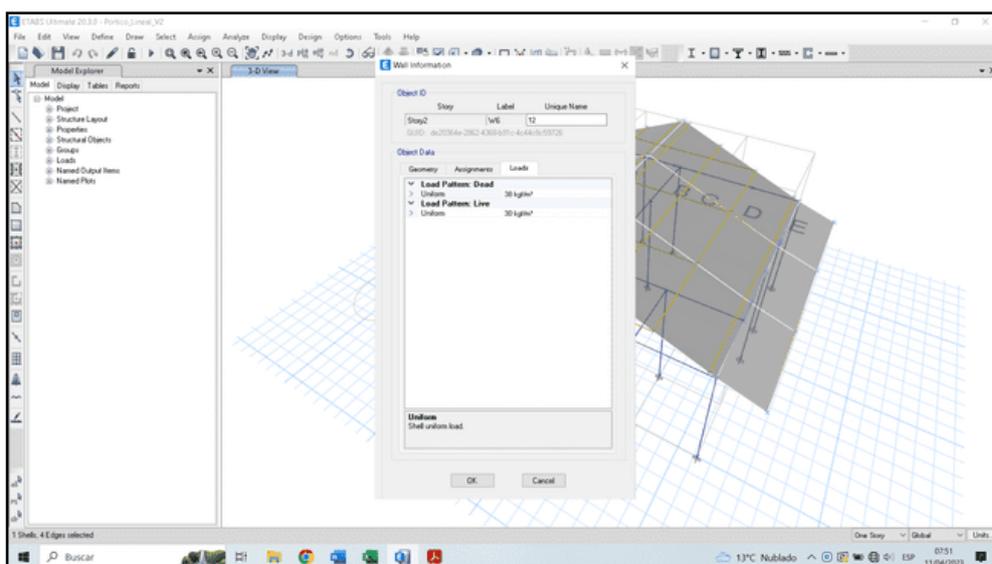


Figura 85 — Carga viva como elemento área.

- **Carga sísmica (norma E.030)**

Los datos para carga sísmica se obtienen del informe técnico de estudio de suelos para cimentación del expediente técnico realizado por la empresa Laybem laboratorio de mecánica de suelos – Geotecnia, que se adjunta en el ANEXO 3.

**Factor de suelo:** según el estudio de mecánica de suelos del expediente técnico, el de perfil del suelo es S2; suelos intermedios medianamente rígidos, con capacidad admisible  $1.35 \text{ kg/cm}^2$  a una profundidad de desplante (Df) de 1.50 m, donde sugirieron cimentación tipo cimiento corrido, su factor de suelo es:  $S_2=S=1.15$ .

**Factor de uso:** se basa a la categoría de las edificaciones y su factor de uso. Según la norma E.030 Diseño sismorresistente, en la tabla Nro. 5, pertenece a edificaciones comunes porque se trata de una vivienda familiar, su factor de uso es:  $U=1$ .

**Coefficiente sísmico:** de acuerdo a los parámetros de sitio; en función al periodo de acuerdo a la tabla Nro. 4 de la norma E.030 Diseño sismorresistente, S2 corresponde TP (S)=0.6 y SL (S)=2.0. El periodo fundamental es 0.1 s por ser de un solo piso y por cálculo en ETABS 20.3 versión prueba estudiantil es 0.135 s, en ambos casos es menor que 0.6, por ello el coeficiente sísmico según la norma E.030 es:  $C=2.5$ .

**Zona sísmica:** de acuerdo al estudio de mecánica de suelos del expediente técnico, la zonificación sísmica corresponde a la Zona 3 la provincia de Espinar – Cusco, por ello el factor de zona; según la norma E.030 es  $Z=0.35$ .

c) **Carga de viento**

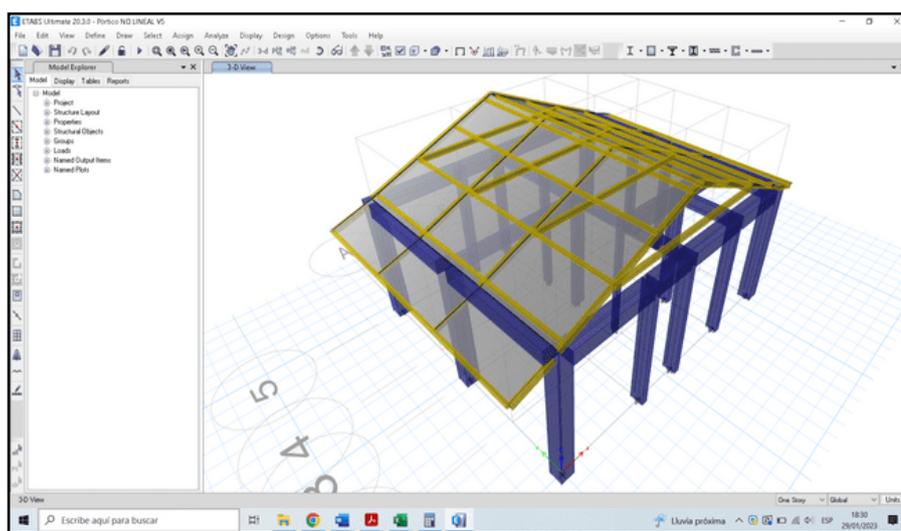
Según la norma E.060 concreto armado; del reglamento nacional de edificaciones; “no será necesario considerar acciones de sismo y de viento simultáneamente” (p.65), en el diseño de módulos solo se debe considerar uno de ellos. El análisis de carga de viento realizado por (VILCA LLANO, y otros, 2022) encuentra deficiencias en



acceso al interior de la vivienda denominado tapón, donde se genera turbulencia por la geometría del volado del tapón. Para mitigar dicho efecto, el programa planteo refuerzos con alambre galvanizado Nro. 08 para asegurar viga collar al muro, las correas y los tijerales asegurados a la viga collar.

#### d) Creación del modelo computacional

Se realiza la creación del modelo computacional en software ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, de los elementos estructurales de vigas y columnas de concreto armado. Con fines arquitectónicos se coloca el techo que tiene masa insignificante, despreciable; así como se muestra en la figura Nro. 86 modelo computacional de vigas, columnas y tijerales.

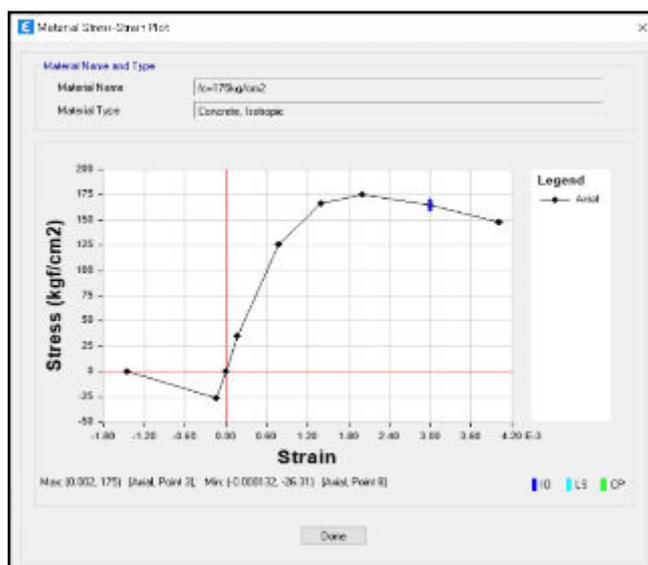


**Figura 86 — Modelo estructural de vivienda rural de adobe reforzado**

#### e) Creación de elementos constitutivos de concreto armado tipo fibra

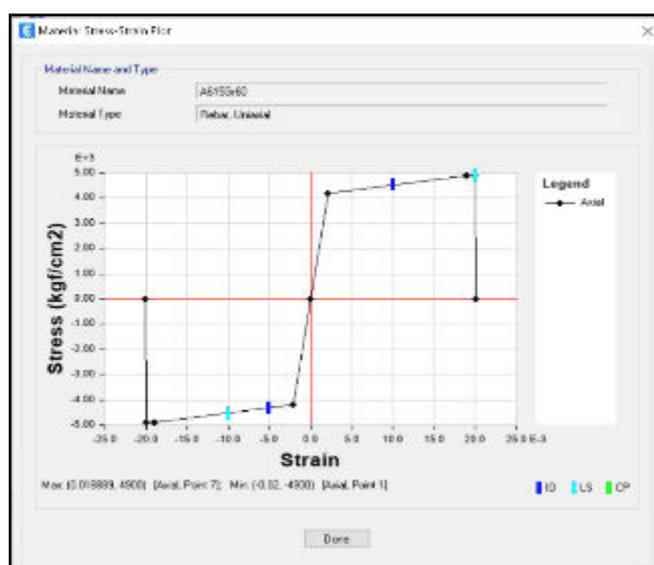
En vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con poliestireno expandido (EPS) estructuralmente es un sistema de pórticos de concreto armado, lleva vigas y columnas. Para realizar el análisis estático no lineal se considera los elementos constitutivos de concreto armado, considerando la plasticidad tipo fibra. Para los cálculos se empleará las propiedades de concreto con una resistencia

de  $175 \text{ kg/cm}^2$  y acero de refuerzo con módulo de elasticidad de  $E = 2000000 \text{ kg/cm}^2$ , se utilizará el modelo Mander para el concreto confinado y para acero modelo Park; que ya está considerado en el software ETABS 20.3 versión prueba estudiantil, así como se observa en la figura Nro. 87 modelo de propiedades constitutivas de concreto tipo Mander.



**Figura 87 — Modelo para el concreto tipo Mander**

En la figura Nro. 88 se muestra el modelo para acero de refuerzo como propiedad constitutiva.



**Figura 88 — Modelo para el acero de refuerzo simple**

### f) Asignación de rótulas plástica

Se asignan las rótulas plásticas en las vigas y columnas de acuerdo a la norma ASCE/SEI 41-17 para el análisis de comportamiento sísmico de la estructura en no lineal, así como se muestra en la figura Nro. 89 de asignación de rótulas plásticas en la unión de vigas y columnas de concreto armado.

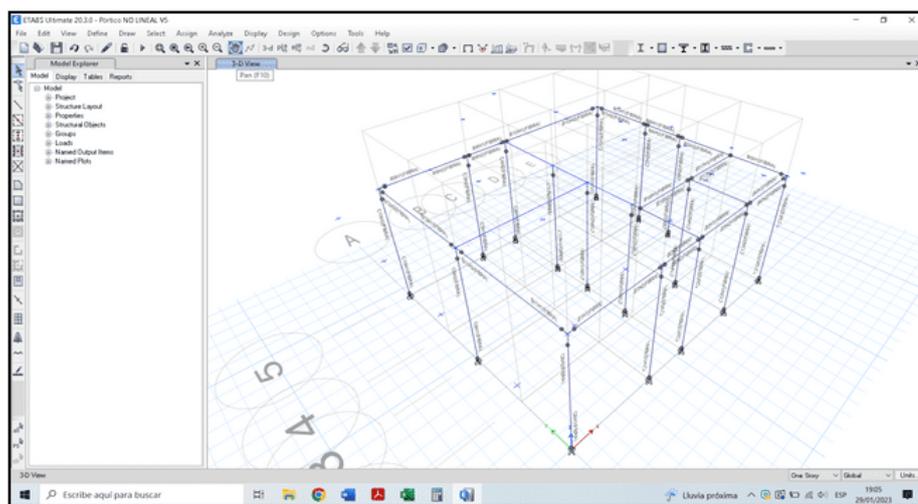


Figura 89 — Asignación de rótulas plásticas

### g) Resultados de análisis estático no lineal según ASCE/SEI 41-17

Para realizar el análisis estático no lineal de acuerdo a la metodología de ASCE/SEI 41-17 se determina su comportamiento no lineal de la estructura hasta su colapso. El Software computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil trabaja con dicha metodología, haciendo uso del software se obtiene la curva de capacidad de vivienda rural y el punto de desempeño por método de coeficientes. En la figura Nro. 90 se muestra la curva de capacidad en dirección X-X donde se observa que el cortante máximo en la base es 15.07 toneladas, el desplazamiento máximo es 3.81 cm a la altura de la viga, alcanzado a ese punto la curva decae, la estructura comienza a perder su capacidad de fluencia y posteriormente colapsa o falla.

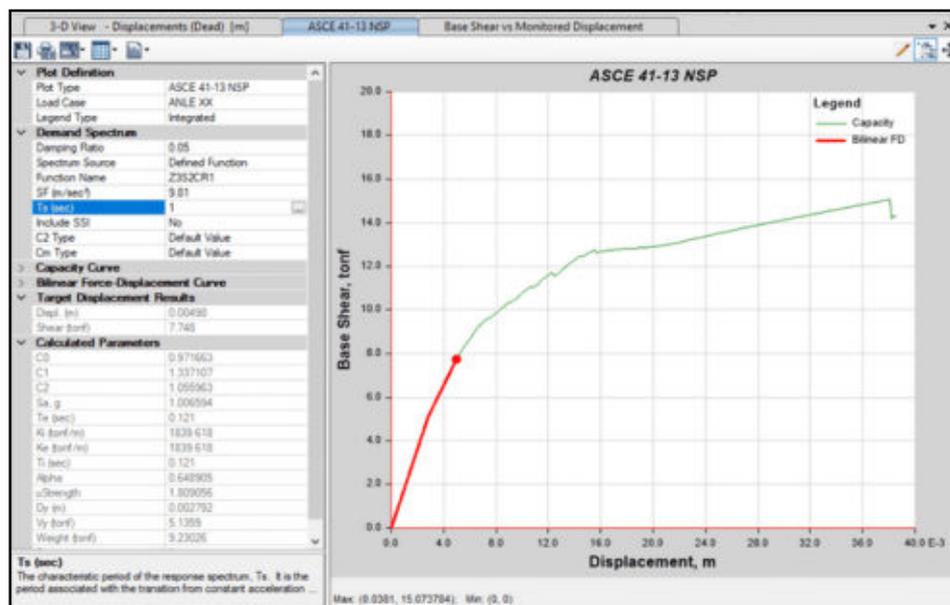


Figura 90 — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección X-X

En la figura Nro. 91 se muestra la curva bilineal de acuerdo a la norma (ASCE/SEI 41-17, 2017) dicha metodología está basado en método de coeficientes, donde en la figura se ve la curva bilineal en rango inelástico, con el parámetro que dicha línea divide en partes iguales área superior y área inferior.

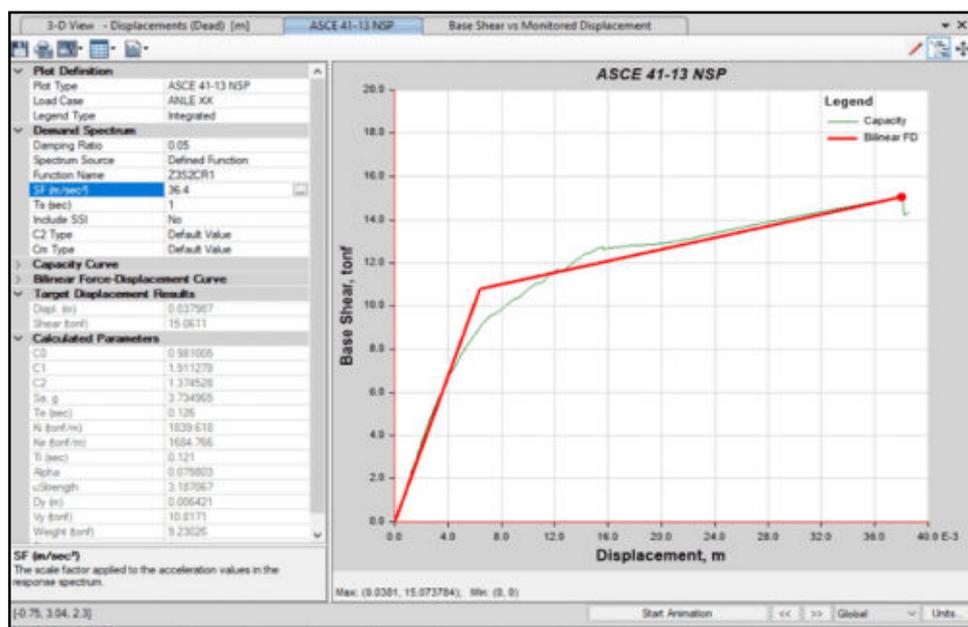


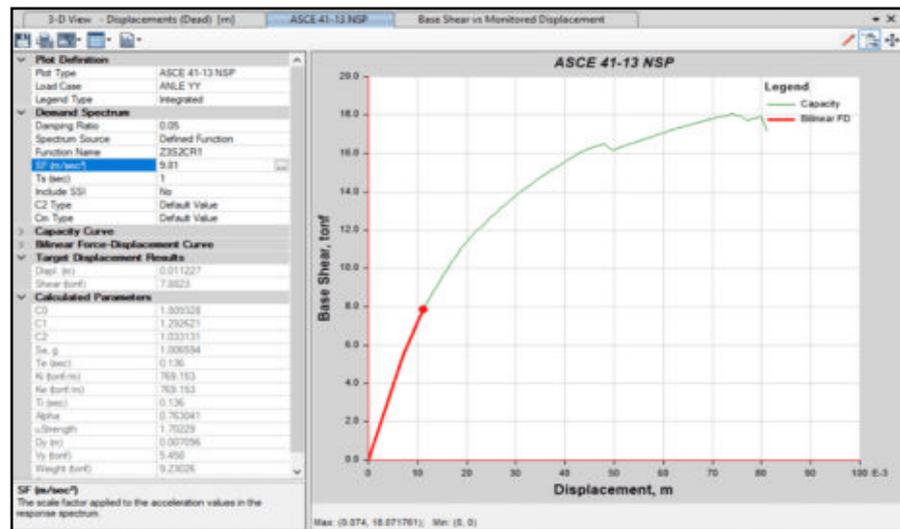
Figura 91 — Curva bilineal en la dirección X-X

Para obtener la respuesta de la vivienda rural Sumaq Wasi frente a un sismo, mediante la norma ASCE/SEI 41-17. Según la figura Nro. 90 donde se muestra curva de capacidad, el punto de desempeño sísmico y en la figura Nro. 91 que muestra la curva bilineal, se obtiene el punto óptimo, respuesta frente a un sismo o punto de desempeño, está representada por la línea roja en dirección X-X y se encuentra para un desplazamiento de 0.498 cm y una cortante basal de 7.748 toneladas. En la Tabla Nro. 21 se muestra los parámetros en la obtención de punto de desempeño o respuesta frente a un sismo, en la dirección X-X calculados mediante software computacional según la ecuación (12).

**Tabla 21 — Parámetros para el cálculo de desempeño ASCE 41-17 en X-X**

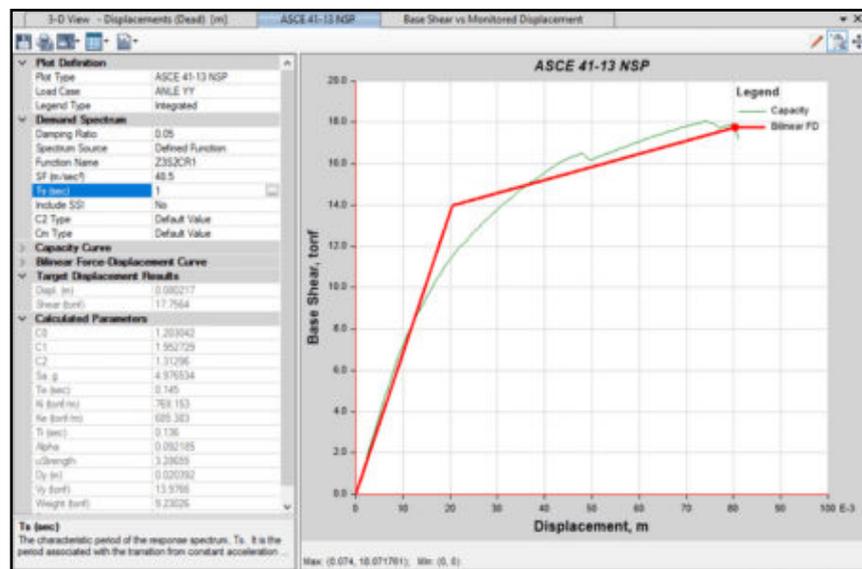
Parámetros de desempeño ASCE/SEI 41-17 X-X			
$C_0$	0.971663	$S_a \cdot g$	1.006594
$C_1$	1.337107	$T_e$ (s)	0.121
$C_2$	1.055963	$g$ ( $m/s^2$ )	9.81

En figura Nro. 92 se muestra la curva de capacidad en dirección Y-Y; donde se observa que el cortante máximo en la base es 18.072 toneladas, el desplazamiento máximo es 7.4 cm a la altura de la viga, alcanzado a ese punto la curva decae, la estructura comienza a perder su capacidad de fluencia y posteriormente colapsa o falla.



**Figura 92 — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección Y-Y**

En la figura Nro. 93 se muestra la curva bilineal de acuerdo a la norma (ASCE/SEI 41-17, 2017) dicha metodología está basado en método de coeficientes, donde en la figura se ve la curva bilineal en rango inelástico, con el parámetro que dicha línea divide en partes iguales área superior y área inferior.



**Figura 93 — Curva bilineal en la dirección Y-Y**

Para obtener la respuesta de la vivienda rural Sumaq Wasi frente a un sismo, mediante la norma ASCE/SE 41- 17. Según la figura Nro. 92 donde se muestra la curva de capacidad, el punto de desempeño sísmico

y en la figura Nro. 93 que muestra la curva bilineal, de ello se obtiene el punto de desempeño, está representado por la línea roja en dirección Y-Y y se encuentra para un desplazamiento de 1.123 cm y una cortante basal de 7.882 toneladas. En la Tabla Nro. 22 se muestra los parámetros en la obtención de punto de desempeño o respuesta frente a un sismo, en la dirección Y-Y calculados mediante software computacional.

**Tabla 22 — Parámetros para el cálculo de desempeño ASCE 41-17 en Y-Y**

Parámetros de desempeño ASCE/SEI 41-17 Y-Y			
$C_0$	1.809328	$S_a \cdot g$	1.006594
$C_1$	1.292621	$T_e$ (s)	0.136
$C_2$	1.033131	g ( $m/s^2$ )	9.81

**h) Desempeño sísmico de vivienda rural de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS)**

Según VISIÓN 2000 (SEAOC, 1995) se sectoriza la curva de capacidad para obtener el desempeño sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña. El punto de desempeño tiene un desplazamiento de 0.498 cm y una cortante basal de 7.748 toneladas, se ubica en los límites de sectorización de curva de capacidad, así como se muestra en la tabla Nro. 23 límites de sectorización de curva de capacidad en el eje X-X.



**Tabla 23 — Parámetros para el cálculo de desempeño en dirección X-X**

Nivel de desempeño	Límite de nivel de desempeño (cm)
Inicio de fluencia	0.6
Ocupación Inmediata	1.56
Resguardo de vida	2.52
Cerca al colapso	3.16
Colapso	3.8

En la figura Nro. 94 se muestra gráficamente la ubicación del punto de desempeño en la curva de capacidad sectorizada según VISIÓN 2000, para un desplazamiento de 0.498 cm en la dirección X-X, dicho punto se encuentra en la sección de completamente operativo.



**Figura 94 — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección XX**



La tabla Nro. 24 se muestra los límites de sectorización de curva de capacidad planteada según VISIÓN 2000 (SEAOC, 1995) para el punto de desempeño obtenido en la dirección Y-Y, para un desplazamiento de 1.011 cm y una cortante basal de 7.88 toneladas.

**Tabla 24 — Parámetros para el cálculo de desempeño en dirección Y-Y**

Nivel de desempeño	Límite de nivel de desempeño (cm)
Inicio de fluencia	2
Ocupación Inmediata	3.8
Resguardo de vida	5.6
Cerca al colapso	6.8
Colapso	8

En la figura Nro. 95 se muestra gráficamente la ubicación del punto de desempeño en la curva de capacidad sectorizada según VISIÓN 2000, para un desplazamiento de 1.123 cm en la dirección Y-Y, dicho punto se encuentra en la sección de completamente operativo.



**Figura 95 — Curva de capacidad y desempeño para sismo máximo en la dirección Y-Y**



De los resultados obtenidos mediante el análisis sísmico, se determina el comportamiento sísmico en rango no lineal de la vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillo con poliestireno expandido (EPS), tanto en dirección X-X e Y-Y. El nivel de desempeño sísmico obtenido en ambos ejes se ubica en completamente operativo, significa que la respuesta de la estructura frente a un sismo severo, no hay daño, vivienda segura, todas las instalaciones y servicios operan normalmente, la estructura conserva su rigidez y resistencia, no es necesario hacer reparaciones.

### 5.1.3.2. Análisis térmico

En diagnóstico del comportamiento térmico de vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS), ubicados en la provincia de Espinar - Cusco, 2022. Fueron estudiadas con la misma metodología planteada en la vivienda rural de adobe reforzado con caña.

Se inició con registro de datos de sensación térmica a mediados de abril, donde en zonas altoandinas inicia el periodo de heladas. Los equipos dataloggers DTR-305 EZDO GOND se colocaron 01 unidad al exterior de la vivienda, 02 unidades al interior de la vivienda (área social y dormitorio) con ello se registró el comportamiento térmico de los meses abril, mayo, junio y julio; a las viviendas rurales que fueron construidas por el plan multisectorial ante heladas y friajes 2019 – 2021. En levantamiento de datos se tuvo percance, varios beneficiarios no accedieron para ingresar al interior de sus viviendas para colocar los equipos data logger. Por ello se realizó en diferentes sitios que pertenecen a zona altoandina.

A continuación, se detalla el comportamiento térmico de 08 viviendas rurales Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS), donde presenta 03 variaciones mínimas en su componente arquitectónico en pisos, cielo raso, ubicación de ventana cenital y estufas con chimeneas. También se adjunta el plano de ubicación y detalles de arquitectura en el ANEXO 8.



a) **Variación I**

Se realizó los estudios en 01 vivienda rural Sumaq Wasi de tipo variación I, sus características se detallan en la tabla Nro. 25.

**Tabla 25 — Variación I de doble muro de ladrillos con EPS**

TIPO DE VIVIENDA	CARACTERÍSTICAS
Vivienda Rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con EPS	<b>Dimensiones:</b> Área construida de 26.25 m <sup>2</sup> , en su distribución interior tiene 02 dormitorios, 01 espacio social y 01 área tapón.
	<b>Cobertura:</b> Techo con calamina de 11 canales espesor 0.30 mm a dos aguas como aislante utiliza poliestireno expandido de densidad 10 para evitar el flujo de calor interior hacia el exterior generando una cámara de aire en la parte inferior de la cobertura y el cielorraso.
	<b>Ducto cenital:</b> Captador de calor de policarbonato 01 ducto solar ubicado al medio del techo para dotar a los ambientes mayor iluminación y permiten a la vez el ingreso de radiación solar.
	<b>Cielo raso:</b> Tabique de yeso con tapajuntas centrales y rodones perimetrales sujetado en un entramado de madera.
	<b>Ventanas cenitales o claraboyas:</b> Policarbonato compacto que no permitan que el calor ganado y acumulado durante el día, se pierda fácilmente.
	<b>Puerta:</b> Al interior 01 puerta contraplacada con acceso a área social, 02 puertas contraplacadas para acceso a los dormitorios, 01 puerta principal de madera machihembrada lleva como aislante térmico poliestireno expandido.
	<b>Ventanas:</b> 03 ventanas con marco de aluminio, bien sellados y garantizan la hermeticidad del paño al cerrarse.
	<b>Contraventanas:</b> 03 contraventanas de madera tratada al interior llevan material aislante poliestireno expandido.
<b>Pisos:</b> Dormitorio 1 y 2 de madera machihembrada tratadas para su aislamiento térmico, excavación, llenado de piedra, preparación de torta de barro y colocado sobre las piedras, lámina de plástico como aislante para la ascensión de la humedad, torta de barro, instalación de durmientes de madera, entablado con madera machihembrado tratada asegurado con clavo sin cabeza para su acabado pulido y laqueado. Piso de concreto f'c=140 kg/cm <sup>2</sup> en área social para mejorar su aislante térmico se coloca planchas de poliestireno expandido de densidad 10 y aceros de temperatura y su acabado es pulido.	
<b>Revoques y/o revestimiento:</b> Al exterior los zócalos son tarrajeados con arena y cemento, al interior tiene un revoque de yeso, el muro exterior es con ladrillo blocker acabado caravista.	

• **Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 1-1**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 96, cuyo propietario es el Sr. Valentín Laucata Quispe, está ubicado en distrito de Pichigua – Espinar – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 239660.91 m E, 8385921.97 m S y una altitud de 4048 msnm, donde

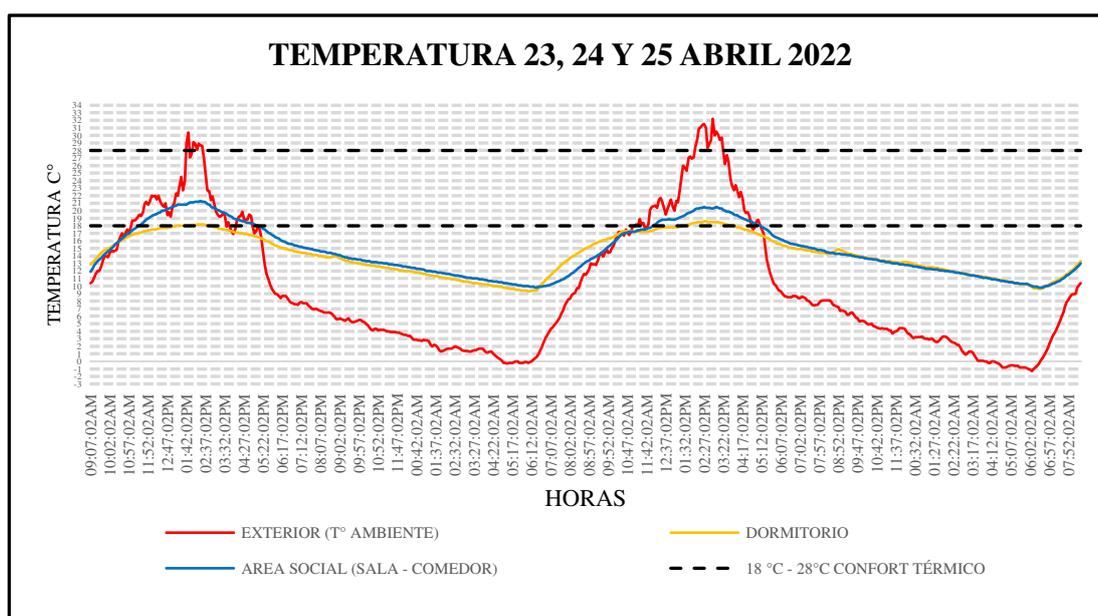


se colocaron 03 instrumentos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



**Figura 96 — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 1-1**

En la figura Nro. 97 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de la vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 23,24 y 25 de abril del 2022; donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda cuenta con energía eléctrica y el beneficiario hace uso de los dormitorios.



**Figura 97 — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 1 – 1**

**b) Variación II**

Se realizó los estudios en 03 viviendas rurales Sumaq Wasi de tipo variación II, sus características se detallan en la tabla Nro. 26.

**Tabla 26 — Variación II de doble muro de ladrillos con EPS**

TIPO DE VIVIENDA	CARACTERÍSTICAS
Vivienda Rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con EPS	<b>Dimensiones:</b> Igual que vivienda 1.
	<b>Cobertura:</b> Igual que vivienda 1.
	<b>Ducto cenital:</b> Captador de calor de policarbonato 01 ducto solar ubicado a la esquina del techo para dotar a los ambientes mayor iluminación y permiten a la vez el ingreso de radiación solar.
	<b>Cielo raso:</b> En aislamiento entre cobertura y cielo raso utiliza fibra de vidrio embolsados en yutes.
	<b>Ventanas cenitales o claraboyas:</b> Igual que vivienda 1.
	<b>Puerta:</b> Igual que vivienda 1.
	<b>Ventanas:</b> Igual que vivienda 1.
	<b>Contraventanas:</b> Igual que vivienda 1.
	<b>Pisos:</b> Igual que vivienda 1.
	<b>Revoques y/o revestimiento:</b> Igual que vivienda 1.
	<b>Estufa saludable:</b> considera al interior de la vivienda una estufa de ladrillo que es fuente de calor interno para evitar el humo al interior de la vivienda se genera el calor a través de carbón.

• **Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 2-1**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 98, cuya propietaria es la Sra. Juana Chuctaya Taco, está ubicado en distrito de Pallpata – Espinar – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 271584.00 m E, 8359407.19 m S y una altitud de 4039 msnm, se

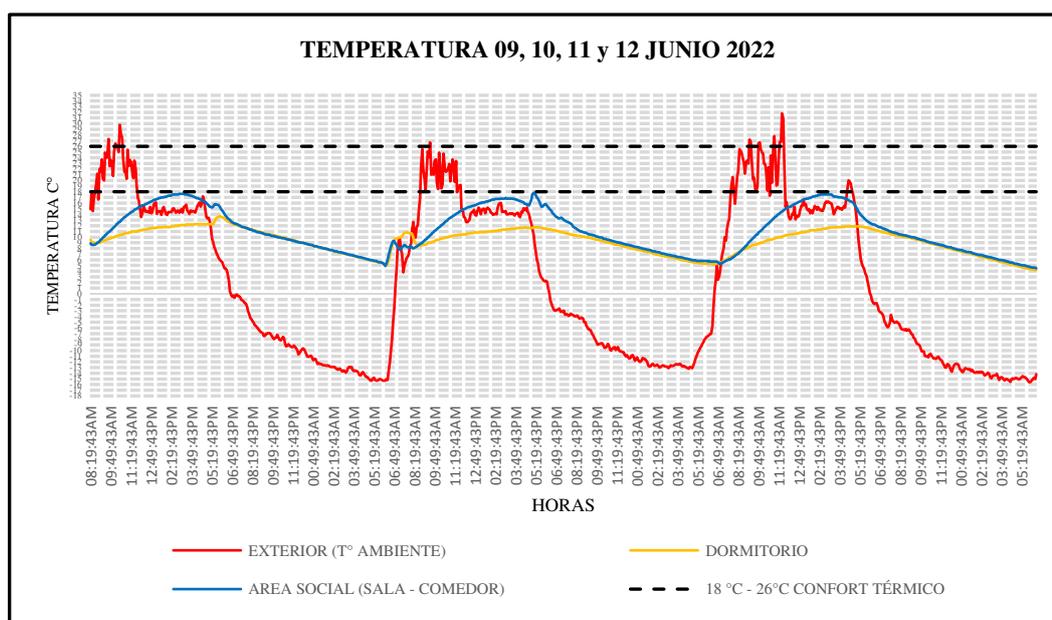


colocaron 03 equipos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



**Figura 98 — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 2-1**

En la figura Nro. 99 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 09,10,11 y 12 de junio del 2022; donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda cuenta con energía eléctrica y la beneficiaria hace uso de los dormitorios.



**Figura 99 — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 2 – 1**

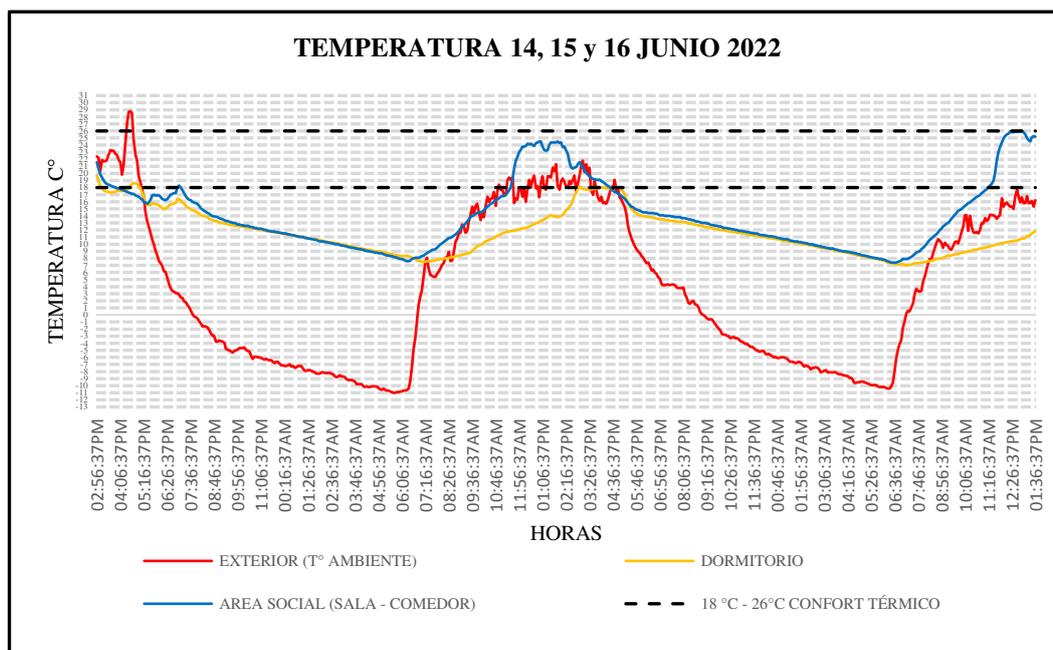
- **Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 2 – 2**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 100, cuyo propietario Sr. Reynaldo LauLi Chuchullo, está ubicado en distrito de Pallpata – Espinar – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 275808.40 m E, 8359208.93 m S y una altitud de 4229 msnm, donde se colocaron 03 instrumentos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



**Figura 100 — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 2-2**

En la figura Nro. 101 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 14,15 y 16 de junio del 2022, donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda no cuenta con energía eléctrica y el beneficiario si hace uso de los dormitorios.



**Figura 101 — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 2 – 2**

- **Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 2 - 3**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 102, cuyo propietario es el Sr. Emiliano Marcelino Chacca Chuctaya, está ubicado en distrito de Pallpata – Espinar – Cusco, en zona 19S, con coordenadas UTM 267619.28 m E, 8356636.63 m S y una altitud de 3962 msnm, donde se colocaron 03 instrumentos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



**Figura 102 — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 2-3**

En la figura Nro. 103 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de la vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 16,17,18 y 19 de junio del 2022; donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda no cuenta con energía eléctrica y el beneficiario si hace uso de los dormitorios.

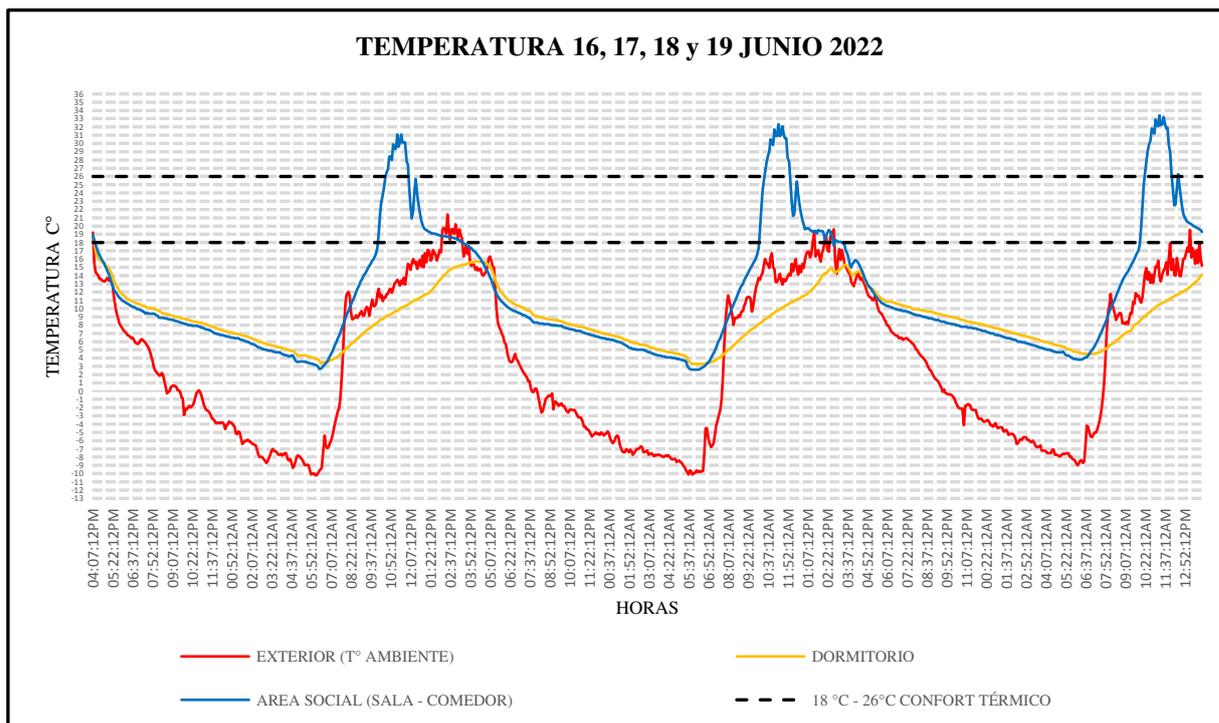


Figura 103 — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 2 – 3

### c) Variación III

Se realizó los estudios en 04 viviendas rurales Sumaq Wasi de tipo variación III, sus características se detallan en la tabla Nro. 27.



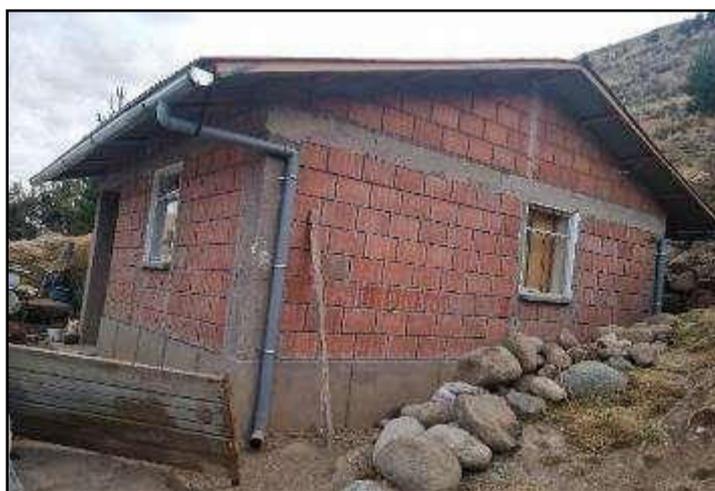
**Tabla 27 — Variación III de doble muro de ladrillos con EPS**

TIPO DE VIVIENDA	CARACTERÍSTICAS
Vivienda Rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con EPS	<b>Dimensiones:</b> Igual que vivienda 1.
	<b>Cobertura:</b> Igual que vivienda 1.
	<b>Ducto cenital:</b> Captador de calor de policarbonato 01 ducto solar ubicado al medio del techo para dotar a los ambientes mayor iluminación y permiten a la vez el ingreso de radiación solar.
	<b>Cielo raso:</b> cielo raso con baldosas termoacústicas.
	<b>Ventanas cenitales o claraboyas:</b> Policarbonato alveolar de 6mm que no permitan que el calor ganado y acumulado durante el día, se pierda fácilmente.
	<b>Puerta:</b> similar a la vivienda 1.
	<b>Ventanas:</b> similar a la vivienda 1.
	<b>Contraventanas:</b> similar a la vivienda 1.
	<b>Pisos:</b> Piso de concreto $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con acero de temperatura, acabado pulido coloreado con ocre en dormitorio 1, dormitorio 2 y área social. Utiliza como aislante térmico poliestireno expandido de densidad 10 en todo el perímetro interior de sobrecimiento como una junta.
<b>Revoques y/o revestimiento:</b> igual que la vivienda 1.	

- **Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3 – 1**

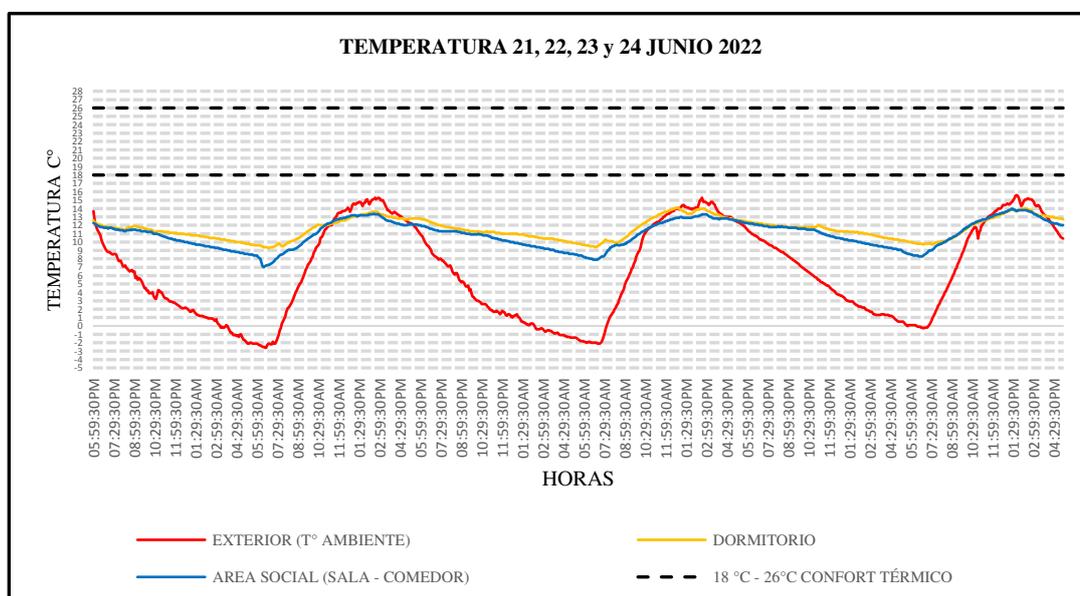
La vivienda que se muestra en la figura Nro. 104, cuya propietaria es la Sra. María Elena Quispe Valencia, está ubicado en el distrito de Velille – Santo Tomas – Cusco, en zona 19S, tiene las coordenadas UTM 188613.20 m E, 8393447.25 m S y una altitud de 3751 msnm, donde se colocaron 03 instrumentos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.





**Figura 104 — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3-1**

En la figura Nro. 105 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 21,22,23 y 24 de junio del 2022; donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda cuenta con energía eléctrica y la beneficiaria hace uso de los dormitorios.



**Figura 105 — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 3 – 1**

- **Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3 – 2**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 106, cuyo propietario es el Sr. Griseldo Pumacallahui, está ubicado en el distrito de Velille – Santo Tomas – Cusco, en zona 19S, tiene las coordenadas UTM 188572.85 m E, 8393178.19 m S y una altitud de 3749 msnm, donde se colocaron 03 equipos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



**Figura 106 — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3-2**

En la figura Nro. 107 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de vivienda rural. Los datos fueron registrados durante los días 24,25,26,27 y 28 de junio del 2022; donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. La vivienda cuenta con energía eléctrica, los beneficiarios hacen uso los dormitorios. En uno de los días hay suba de temperatura al interior de la vivienda entre 07:00 pm hasta 11:00 pm, es efecto de acumulación de personas en un compartir social.

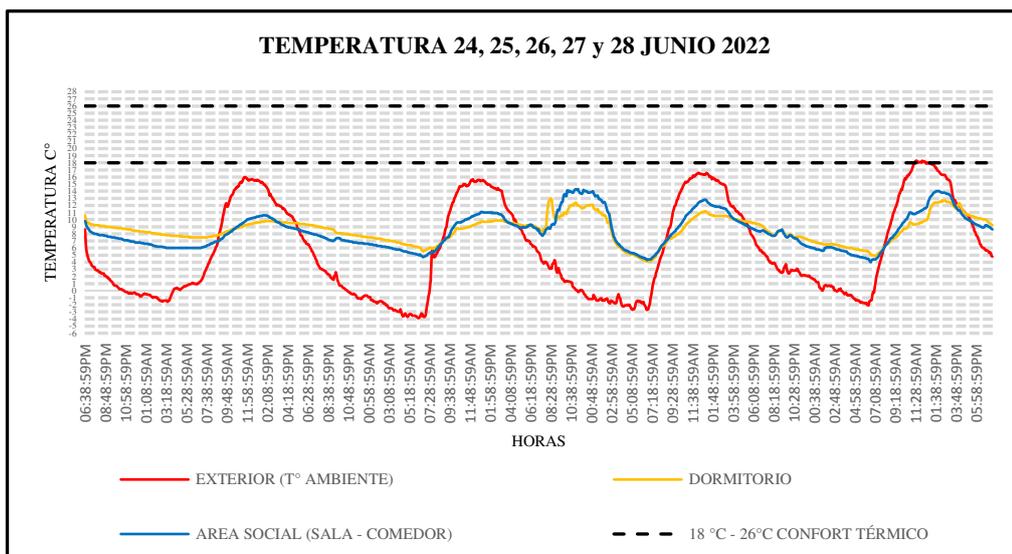


Figura 107 — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 3 – 2

- **Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3 - 3**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 108, cuyo propietario es el Sr. Anacleto Llocallasi, está ubicado en el distrito de Velille – Santo Tomas – Cusco, en zona 19S, tiene las coordenadas UTM 188591.15 m E, 8393177.19 m S y una altitud de 3746 msnm, donde se colocaron 03 instrumentos data logger 02 en interior y 01 exterior del módulo habitacional.



Figura 108 — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3-3

En la figura Nro. 109 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de vivienda rural Sumaq Wasi. Los datos fueron registrados durante los días 29,30 de junio y 01,02 y 03 de julio del 2022, donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul el área social y la línea amarilla al dormitorio. El beneficiario hace uso del módulo habitacional, dicha vivienda cuenta con energía eléctrica.

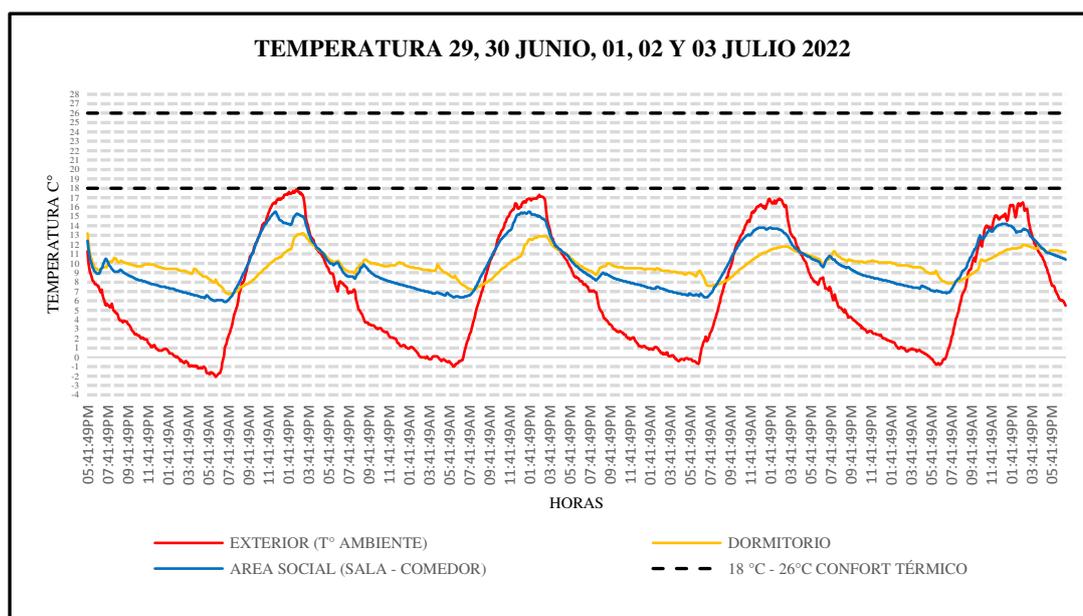


Figura 109 — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 3 – 3

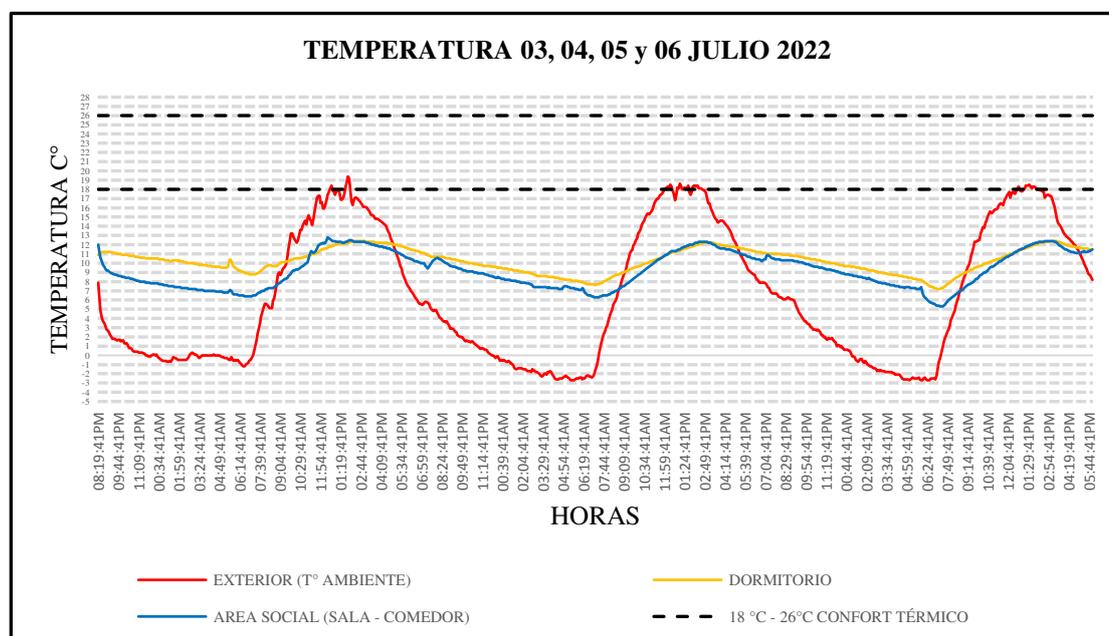
- **Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3 - 4**

La vivienda rural que se muestra en la figura Nro. 110, cuyo propietario es el Sr. Richar Prieto, está ubicado en el distrito de Velille – Santo Tomas – Cusco, en zona 19S, tiene las coordenadas UTM zona 19S 188597.45 m E, 8393247.71 m S y una altitud de 3747 msnm, en dicha vivienda se colocaron 03 equipos data logger 02 en interior y 01 en exterior del módulo habitacional.



**Figura 110 — Módulo habitacional con muros de ladrillo con EPS 3-4**

En la figura Nro. 111 se muestra gráficamente el comportamiento térmico exterior e interior de vivienda rural Sumaq Wasi. Los datos fueron registrados durante los días 03,04,05 y 06 de julio del 2022, donde la línea roja mide la sensación térmica exterior, la línea azul mide área social y la línea amarilla mide el dormitorio. El beneficiario hace uso del módulo habitacional, dicha vivienda cuenta con energía eléctrica.



**Figura 111 — Comportamiento térmico de modelo de vivienda 3 – 4**

Tabla 28 — Resumen de comportamiento térmico de muro de adobe reforzado con caña

VIVIENDA RURAL SUMAQ WASI CON DOBLE MURO DE LADRILLO CON EPS, INTERVALO 3:00PM – 8:00 AM									
TIPO		VARIACION I	VARIACION II			VARIACION III			
MES		ABRIL	JUNIO	JUNIO	JUNIO	JUNIO	JUNIO	JUNIO/JULIO	JULIO
FECHA		(23,24,25)	(09,10,11,12)	(14,15,16)	(16,17,18,19)	(21,22,23,24)	(24,25,26,27,28)	(29,30/01,02,03)	(03,04,05,06)
msnm		4048	4039	4229	3962	3751	3749	3746	3747
INTERIOR DE LA VIVIENDA	MEDIA	13.3 °C	9.5 °C	12.2 °C	8.1 °C	10.9 °C	8.0 °C	9.3 °C	9.4 °C
	MEDIANA	12.9 °C	9.1 °C	11.7 °C	7.6 °C	11.0 °C	7.8 °C	9.4 °C	9.6 °C
	DESVIACION ESTANDAR	2.7 °C	3.2 °C	3.3 °C	3.5 °C	1.4 °C	2.2 °C	1.7 °C	1.7 °C
EXTERIOR DE LA VIVIENDA	MEDIA	6.4 °C	-4.7 °C	-0.2 °C	-0.6 °C	4.6 °C	2.6 °C	4.1 °C	3.1 °C
	MEDIANA	4.4 °C	-8.6 °C	-4.1 °C	-2.9 °C	3.0 °C	1.2 °C	2.6 °C	0.9 °C
	DESVIACION ESTANDAR	6.6 °C	10.1 °C	10.0 °C	7.6 °C	5.1 °C	4.6 °C	4.5 °C	5.4 °C

En la tabla Nro. 28 se muestra los resultados de comportamiento térmico registrados por el equipo data logger, donde en la vivienda tipo variación I se muestra mejor comportamiento térmico, ello se da por la ubicación de la ventana cenital en la parte central y a un solo lado de la cobertura. En vivienda tipo variación II se observa descenso de temperatura al interior de la vivienda, se da por la ubicación de la ventana cenital en una esquina de la cobertura del techo y al interior existe una estufa que no funciona. En vivienda tipo variación III la sensación térmica decae es a consecuencia de la ubicación de ventana cenital que está a un solo lado en la parte central y los materiales que se utilizan en el ducto cenital. En proyectos de 2019 y 2020 los pisos en los dormitorios son de madera machihembrada, en 2022 todos los pisos son de concreto pulido. En conclusión, de las 8 viviendas muestreadas, el comportamiento térmico al interior de la vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido no supera los 14 °C, así como menciona el programa nacional de vivienda rural en su portal web (MVCS, 2022).

## 5.2. Contrastación de hipótesis

Procediendo a contrastación de hipótesis con los resultados obtenidos; a continuación, se muestra la prueba de hipótesis realizada.

### 5.2.1. Hipótesis general

**H<sub>0</sub>**: Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) no tiene mejor comportamiento sísmico y ambos módulos habitacionales en comportamiento térmico si superan los 14 °C.

**H<sub>1</sub>**: Vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento sísmico y ambos módulos habitacionales en comportamiento térmico no superan los 14 °C.

Con la tesis realizada se verifica la hipótesis nula **H<sub>0</sub>**: Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) no tiene mejor comportamiento sísmico y ambos módulos habitacionales en comportamiento térmico si superan los 14 °C. Al obtener los resultados en comportamiento sísmico, la vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor desempeño sísmico, según VISIÓN

2000 (SEAOC, 1995) se ubica en completamente operativo, no sufre daños frente a sismos severos; mientras en comportamiento térmico, ambos módulos no superan los 14 °C. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis de investigación  $H_1$ .

### 5.2.2. Hipótesis específica 01

$H_0$ : Vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña no tiene menor desempeño en su comportamiento sísmico.

$H_1$ : Vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña tiene menor desempeño en su comportamiento sísmico.

Con la tesis realizada, se verifica la hipótesis nula  $H_0$ : Vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña no tiene menor desempeño en su comportamiento sísmico. Al determinar el comportamiento sísmico por la metodología (ASCE/SEI 41-17, 2017) se obtiene el punto de desempeño y su desempeño sísmico, según VISIÓN 2000 (SEAOC, 1995) se ubica en ocupación inmediata, la estructura sufre daños reparables frente a sismos severos. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis de investigación  $H_1$ .

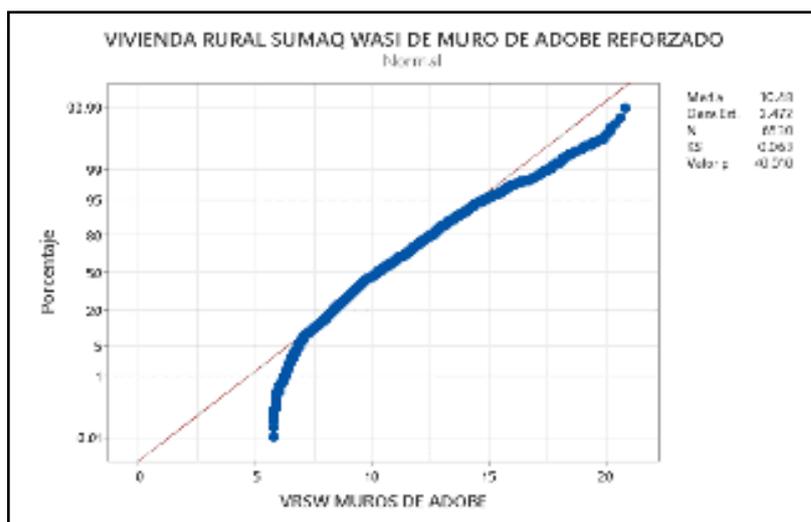
### 5.2.3. Hipótesis específica 02

$H_0$ : Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña tiene un comportamiento térmico que si supera los 14 °C de sensación térmica.

$H_1$ : Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña tiene un comportamiento térmico que no supera los 14 °C de sensación térmica.

Para realizar la prueba de hipótesis con los 6530 datos obtenidos con data logger, se realiza la prueba de distribución normal por Kolmogorov Smirnov en MINITAB 21 versión prueba estudiantil, los resultados se muestran en la figura Nro. 112, donde  $p=0.01 < 0.05$ , no cumple con la distribución normal.





**Figura 112 — Prueba de distribución normal de vivienda de muros de adobe reforzado**

Para análisis no paramétricos que no cumplen con la distribución normal se requiere otro tipo de análisis con distribuciones libres, así como menciona (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018); “la mayoría de estos análisis no requieren de presupuestos acerca de la distribución poblacional. Aceptan distribuciones no normales (distribuciones libres)” (p.362). En la investigación el punto objetivo para la prueba de hipótesis es  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ello indica que en las viviendas rurales Sumaq Wasi su sensación térmica al interior de la vivienda no supera los  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dicha contrastación se realiza mediante el software de MINITAB 21 versión prueba estudiantil.

A continuación, se muestra en la tabla Nro. 29 los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis por distribución no normal prueba de signo para una muestra independiente realizado en el software MINITAB 21 versión prueba estudiantil.

Tabla 29 — Cuadro de análisis de hipótesis por prueba de signo de adobe

DESCRIPCIÓN	DATOS
MÉTODO	$\eta$ : Mediana de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	N: 6530 datos registrados $\eta$ : 10.2 °C mediana
PRUEBA DE HIPÓTESIS	$H_0$ : ( $\eta \geq 14$ ), Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña tiene un comportamiento térmico que si supera los 14 °C de sensación térmica  $H_1$ : ( $\eta < 14$ ), Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña tiene un comportamiento térmico que no supera los 14 °C de sensación térmica
MUESTRA	N<14: 5964 datos N=14: 36 datos N>14: 530 datos P=0.000

Al interior de la vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña, se diagnostica el comportamiento térmico donde se obtiene menor de 14° C de sensación térmica en intervalo de 3:00 pm a 8:00 am donde hace uso el poblador rural. Realizando la prueba no paramétrica prueba de signo para 1 muestra independiente, el punto objetivo 14 °C, teniendo el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , probabilidad de confianza 95%, probabilidad de error o equivocarnos del 5%. Donde mi valor de prueba es 14 °C, obteniendo como respuesta el parámetro  $p=0.000 < 0.05$ , es más significativo menor riesgo más de 99% de apoyo. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis de investigación  $H_1$ .

#### 5.2.4. Hipótesis específica 03

**H<sub>0</sub>**: Vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) no tiene mayor desempeño en su comportamiento sísmico.

**H<sub>1</sub>**: Vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene mayor desempeño en su comportamiento sísmico.

Con la tesis realizada, se verifica la hipótesis nula **H<sub>0</sub>** Vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido no tiene mayor desempeño en su comportamiento sísmico. Al determinar el comportamiento sísmico por la metodología (ASCE/SEI 41-17, 2017) se obtiene el punto de desempeño y su desempeño sísmico, según VISIÓN 2000 (SEAOC, 1995) se ubica en completamente operativo, la estructura no sufre daño frente a sismos severos. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula **H<sub>0</sub>** y se acepta la hipótesis de investigación **H<sub>1</sub>**.

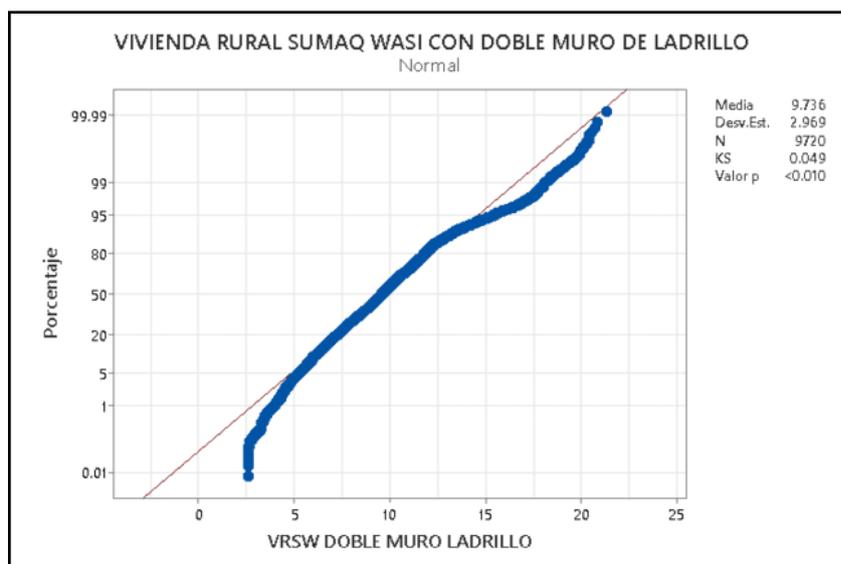
#### 5.2.5. Hipótesis específica 04

**H<sub>0</sub>**: Vivienda rural Sumaq Wasi con doble muros de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene un comportamiento térmico que si supera los 14 °C de sensación térmica.

**H<sub>1</sub>**: Vivienda rural Sumaq Wasi con doble muros de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene un comportamiento térmico que no supera los 14 °C de sensación térmica.

Para realizar la prueba de hipótesis con los 9720 datos obtenidos con el equipo data logger, se realiza la prueba de distribución normal por Kolmogorov Smirnov en MINITAB 21 versión prueba estudiantil, los resultados se muestran en la figura Nro. 113, donde  $p=0.01 < 0.05$ , no cumple con la distribución normal.





**Figura 113 — Prueba de distribución normal de vivienda de doble muro de ladrillo**

A continuación, se muestra en la tabla Nro. 30 los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis por distribución no normal prueba de signo para una muestra independiente realizado en el software MINITAB 21 versión prueba estudiantil.

**Tabla 30 — Cuadro de análisis de hipótesis por prueba de signo de ladrillo**

ITEM	DATOS
<b>MÉTODO</b>	$\eta$ : Mediana de vivienda rural Sumaq Wasi con doble muros de ladrillos con poliestireno expandido (EPS)
<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA</b>	N: 9720 datos registrados $\eta$ : 9.60 °C mediana
<b>PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	$H_0$ : ( $\eta \geq 14$ ), Vivienda rural Sumaq Wasi con doble muros de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene un comportamiento térmico que si supera los 14 °C de sensación térmica $H_1$ : ( $\eta < 14$ ), Vivienda rural Sumaq Wasi con doble muros de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene un comportamiento térmico que no supera los 14 °C de sensación térmica
<b>MUESTRA</b>	N<14: 8933 datos N=14: 28 datos N>14: 759 datos P=0.000



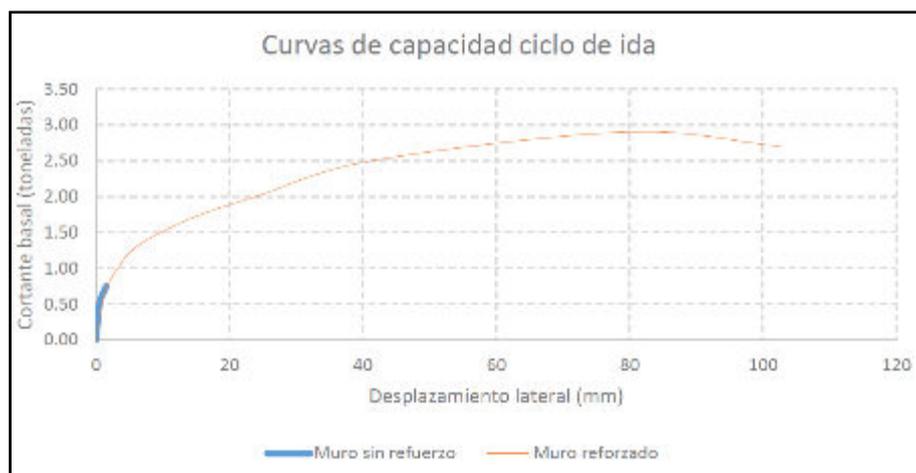
Al interior de la vivienda rural Sumaq Wasi de doble muros de ladrillos con poliestireno expandido (EPS), se diagnostica el comportamiento térmico donde se obtiene menor de 14° C de sensación térmica en intervalo de 3:00 pm a 8:00 am donde hace uso el poblador rural. Realizando la prueba no paramétrica prueba de signo para 1 muestra independiente, el punto objetivo 14 °C, teniendo el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , probabilidad de confianza 95%, probabilidad de error o equivocarnos del 5%. Donde mi valor de prueba es 14 °C, obteniendo como respuesta el parámetro  $p=0.000 < 0.05$ , es más significativo menor riesgo más de 99% de apoyo. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis de investigación  $H_1$ .

### 5.3. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos de realizar el análisis comparativo entre muros de adobe reforzado con caña y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) de vivienda rural Sumaq Wasi, tiene mejor comportamiento sísmico la vivienda rural de doble muro de ladrillos por su mejor desempeño sísmico. En comportamiento térmico ambas viviendas rurales no superan los 14 °C de sensación térmica al interior de la vivienda desde 3:00 pm hasta 8:00 am del día siguiente.

Según a los resultados obtenidos del comportamiento sísmico mediante Análisis Estático No Lineal de vivienda rural Sumaq Wasi de muro de adobe reforzado con caña, se utilizó la norma (ASCE/SEI 41-17, 2017) para hallar su curva de capacidad, curva bilineal y su punto de desempeño sísmico, mediante VISIÓN 2000 (SEAOC, 1995) se determinó su desempeño sísmico de ocupación inmediata que sufre daños leves bajo una acción de sismo severo, son reparables. Con la obtención de resultado de la investigación se respalda a estudio realizado de (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017) “en base a lo observado se puede considerar que el muro de adobe sin refuerzo posee una forma de falla frágil al contrario del muro reforzado con caña el cual presentó una forma de falla que puede considerarse dúctil”. Las viviendas rurales Sumaq Wasi de adobe reforzado con caña tienen mejor comportamiento sísmico frente a las existentes en la zona de adobe normal y piedras, así como se muestra en las figuras Nro. 114 la comparativa de curva de capacidad de ciclo de ida de muro de adobe reforzado y muro sin reforzado.

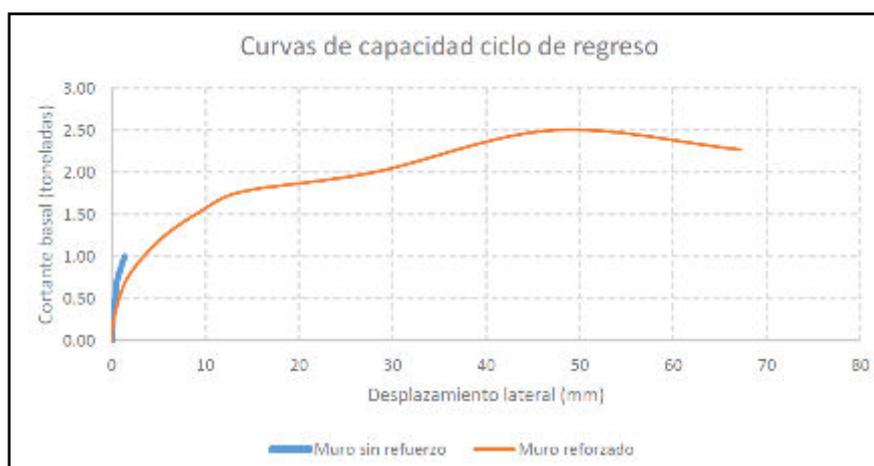




**Figura 114 — Curvas de capacidad de muro de adobe reforzado y no reforzado.**

Extraído de: (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017).

Se muestra la figura Nro. 115 la comparativa de curva de capacidad de ciclo de regreso de muro de adobe reforzado y muro sin reforzado.



**Figura 115 — Curvas de capacidad de muro de adobe reforzado y no reforzado.**

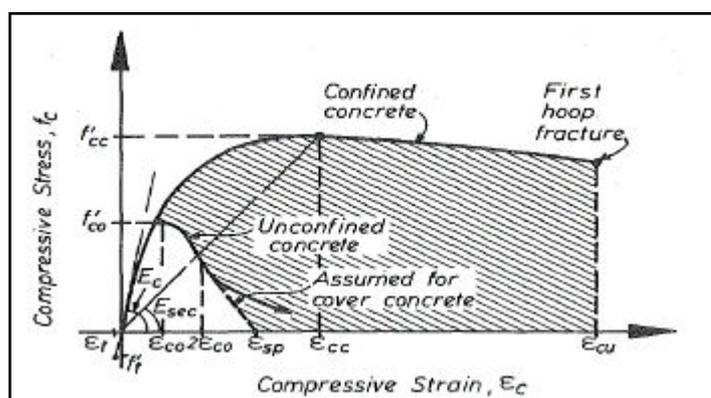
Extraído de: (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017).

Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña, según los resultados obtenidos de termohigrómetro datalogger que tiene un error de  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en dicho módulo no supera los  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$  de sensación térmica, se corrobora la hipótesis planteada. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en su portal web (MVCS, 2022) menciona “Las Sumaq Wasi son módulos bioclimáticos que brindan confort térmico en su interior, lo que permite que, durante las épocas más frías del año, las familias tengan hasta  $14^{\circ}$  más de temperatura que el exterior, lo cual les brinda más abrigo”. Según los

datos obtenidos de la presente investigación no se cumple con la afirmación, que la temperatura se mantiene los 14 °C de sensación térmica, ello depende de muchos factores: proceso constructivo, materiales a usar, diseño y captador solar. Es el estudio realizado se respalda a las investigaciones realizadas por (CUÉLLAR CAJAHUARINGA, 2017) que llega a la conclusión:

Si bien el módulo de vivienda PNVR presenta soluciones adecuadas para el manejo de la envolvente en busca del aislamiento térmico, estas no llegan a cumplir con una temperatura de confort térmico al interior de la vivienda en las horas de extremo frío durante madrugada. Las principales observaciones son respecto a la mayor pérdida térmica por conducción y a través de los muros, siendo esta una significativa área que influye en el diseño del módulo de vivienda, y la inadecuada orientación de las ventanas que no promueven ganancia térmica por efecto de la radiación solar.

La vivienda rural sumaq Wasi con doble muros de ladrillo con EPS en sus elementos estructurales, tiene vigas y columnas de concreto armado; sistema pórtico. Donde a los muros de albañilería considera como rígido y monolítico, por ello no se considera su aporte de esfuerzos. Según el análisis del comportamiento sísmico realizado por la metodología (ASCE/SEI 41-17, 2017) y VISIÓN 2000 (SEAOC, 1995) su desempeño sísmico de la se ubica en completamente operativo, no sufre daños frente a sismos severos. Los resultados respaldan al estudio que realizó (MANDER, y otros, 1988) sobre las propiedades constitutivas de concreto y acero, tienen mejor desempeño como elemento confinado, así como se muestra en la figura 116, tiene mayor fluencia y ductilidad el concreto confinado en comparación de no confinado.



**Figura 116 — Modelo tensión deformación propuesto para cargas monotónicas de concreto confinado y no confinado.**

Extraído de: (MANDER, y otros, 1988).



Los modelos planteados de vivienda rural Sumaq Wasi para la sierra, con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) según los resultados obtenidos de termohigrómetro datalogger que tiene un error de  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en dicho módulo no supera los  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$  de sensación térmica, se corrobora la hipótesis planteada en la investigación. Los resultados obtenidos respaldan a la investigación realizada por (HUAMANI CARDENAS, y otros, 2021) donde llega a la conclusión “el análisis realizado mediante la evaluación de temperatura y humedad dieron como resultado que en el horario de 5:00 pm a 7:00 am, donde el usuario hace uso de la vivienda con mayor frecuencia, la temperatura no es el favorable registrando en los meses de junio, julio y agosto temperaturas que descienden hasta los  $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”.

Muchos ya plantearon el mejoramiento en comportamiento térmico, donde se realizaron varios estudios e ideas, así como plantea portal web de PuntoEdu de la Universidad Católica del Perú (PuntoEdu, 2020) menciona:

El innovador diseño permite que el interior de las casas permanezca a  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  es el estándar internacional de confort térmico, independientemente de la temperatura exterior. El Grupo PUCP lleva 10 años trabajando con el paquete tecnológico de casas calientes limpias y están desarrollando recientemente el sistema Colector solar – Acumulador – Transferencia (CAT).



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

Con el estudio realizado de análisis sísmico y térmico comparativo de ambas viviendas rurales Sumaq Wasi en Espinar, Cusco - 2022. La vivienda rural de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) de sistema de pórticos, tiene mejor desempeño sísmico que se ubica, según visión 2000 (SEAOC, 1995) en completamente operativo, mientras en la variable térmica, ambos módulos habitacionales no superan los 14 °C de sensación térmica; por ello, se concluye que se puede optar por vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) sin desvalorar el de muros de adobe reforzado con caña, porque ambos cumplen con la filosofía del diseño sismorresistente de las normativas peruanas.

Se determinó el comportamiento sísmico de la vivienda rural Sumaq Wasi de muros de adobe reforzado con caña, mediante la calibración de curva de capacidad obtenido por (BONILLA SÁNCHEZ, y otros, 2017) al software ETABS V20.3 versión prueba estudiantil, obteniendo según (ASCE/SEI 41-17, 2017) la curva de capacidad, la curva bilineal, el punto desempeño y por VISIÓN 2000 (SEAOC,1995) se determinó el desempeño sísmico que es ocupación inmediata, sufre daños mínimos y son reparables frente a sismos severos.

En diagnóstico del comportamiento térmico de la vivienda rural Sumaq Wasi de muros de adobe reforzado con caña, se realizó con el equipo termohigrométrico datalogger (error de  $\pm 1$  °C), en 08 módulos habitacionales en los meses de abril, mayo, junio y julio del 2022 en el horario de 3:00 pm a 8:00 am donde el poblador rural hace uso de la vivienda; obteniendo la sensación térmica al interior de la vivienda un promedio de 10.5 °C, cuando la temperatura exterior (temperatura del ambiente) tiene un promedio de 1 a 3 °C.

Se determinó el comportamiento sísmico de la vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS), mediante la calibración según (MANDER, y otros, 1988) de elementos constitutivos del concreto tipo fibra, al software ETABS 20.3



versión prueba estudiantil, obteniendo según (ASCE/SEI 41-17, 2017) la curva de capacidad, la curva bilineal, el punto de desempeño y por VISIÓN 2000 (SEAOC,1995) se determinó el desempeño sísmico que es completamente operativo, no sufre daños frente a sismos severos.

En diagnóstico del comportamiento térmico de la vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS), se realizó con el equipo termohigrométrico datalogger (error de  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), en 08 módulos habitacionales en los meses de abril, mayo, junio y julio del 2022 en el horario de 3:00 pm a 8:00 am donde el poblador rural hace uso de la vivienda; obteniendo la sensación térmica al interior de la vivienda un promedio de  $9.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cuando la temperatura exterior (temperatura del ambiente) tiene un promedio de 1 a  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 6.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios posteriores del comportamiento sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi de muro de adobe reforzado con caña mediante análisis dinámico no lineal tiempo historia; ya que dichas viviendas son tendencia al futuro por ser bioclimáticos y biodegradables.

Se recomienda a los encargados del proyecto a tener mayor control en la ejecución de proyectos de vivienda rural Sumaq Wasi, podemos tener proyectos bien elaborados en expediente técnico que cumplan de ser térmicos y sismorresistentes, mucho depende del proceso constructivo, contar con mano de obra calificada, por ser un proyecto social y rural disperso, su comportamiento sísmico depende de la colocación y amarre de refuerzo de caña horizontal y vertical.

Se recomienda a los encargados del programa mejorar en los proyectos posteriores en diseño térmico de vivienda rural Sumaq Wasi para la sierra, en las existentes se tiene deficiencias en captar energía calorífica del sol por la dimensión y ubicación de ventana cenital en la cobertura. Tener mayor realce sobre la claraboya o ducto cenital de los captadores de calor, debe ser de policarbonato compacto transparente y no policarbonato alveolar por facilidad de los rayos solares hacia la vivienda interior.

Se recomienda a los encargados del proyecto realizar el estudio adecuado de costo de mano de obra e insumos en la realización del expediente técnico de vivienda rural Sumaq Wasi que se caracteriza por ser térmicos y sismorresistente.

Se recomienda a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac implementar con laboratorio de estructuras para realizar el análisis de comportamiento sísmico mediante carga lateral cíclico a escala real de los diferentes sistemas constructivos existentes, pórticos, albañilería y adobe.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AGUIAR, Roberto. 2003.** *Análisis sísmico por desempeño*. Quito - Ecuador : Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, 2003. 978-84-89925-87-8.

**AMÉRICA NOTICIAS. 2022.** *Las casas que podrían dar abrigo son aún una ilusión en Marcapomacocha [Video Cuarto Poder]*. Lima : Youtube, 28 de 03 de 2022. América Noticias Oficial.

**ASCE/SEI 41-17. 2017.** *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. United States of America : American Society of Civil Engineers, 2017. 9780784480816.

**BONILLA SÁNCHEZ, David Jahel y MERINO CABEZAS, José. 2017.** *Estudio de las propiedades físicas de la caña guadúa y su aplicación como refuerzo en la construcción de estructuras de adobe*. [Tesis de Pregrado]. Escuela Politécnica Nacional - Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito - Ecuador : Repositorio Digital Institucional , 2017.

**BUSSO DIAZ, Hugo Gustavo y JORGE CHAHUAYO, Yorgan Blandy. 2015.** *Evaluación por desempeño sísmico de una construcción confinada de cinco pisos en la ciudad de Huancavelica utilizando un Análisis no Lineal Estático, Distrito Huancavelica, Provincia Huancavelica, Región Huancavilica*. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de Huancavilica Facultad de Ingeniería de Minas-Civil-Ambiental - Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Lircay - Huancavilica - Perú : Repositorio Institucional, 2015.

**CANAL 21 HUANCAYO. 2020.** *Módulos habitacionales Sumaq Wasi presentan deficiencias de construcción[Video]*. Huancayo : Youtube, 26 de 11 de 2020.

**CHAVEZ, Angel Mario y MAMANI, Julio Cesar. 2021.** *Revistas UANCV. Revista Científica Investigacion Andina*. [En línea] 25 de 10 de 2021. [Citado el: 14 de 03 de 2022.] <https://www.revistas.uancv.edu.pe/index.php/RCIA/article/view/933/0>.

**CONDO COLCHA, Alejandro Bolívar. 2015.** *Calibración de un modelo de elementos finitos de hormigón no -lineal para incluir los efectos de degradación por carga cíclica*. [Tesis de Grado]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil - Facultad de Ingeniería. Guayaquil, Ecuador : Repositorio Digital USCG, 2015. pág. 4.

*Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la PUCP.*

**BLONDET, M., y otros. 2011.** 41-50, Lima : s.n., 09 de 2011, Informes de la construcción, Vols. 63, 523.



**Corporación de desarrollo tecnológico CDT. 2015.** *Manual acondicionamiento térmico.* Santiago - Chile : Gráfica Andes, 2015. 978-956-7911-33-2.

**CUÉLLAR CAJAHUARINGA, Johana Nayeli. 2017.** *Estudio para el acondicionamiento térmico de viviendas sometidas a heladas. Caso: centro poblado de Santa Rosa (Puno).* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria la Molina - Facultad de Ingeniería Agrícola. Lima - Perú : Repositorio Institucional, 2017.

**CUTIMBO, Wilber. 2016.** Ingeniería sismorresistente. *Ingeniería Civil - UJCM.* s.l. : Blogspot, 2016.

**DEIERLEIN, Gregory G., REINHORN, Andrei M. y WILLFORD, Michael R. 2010.** *Nonlinear Structural Analysis For Seismic Desing.* NIST National Institute of Standards and Technology U.S. Department of Commerce, San Francisco California : 2010.

*Diagrama momento - curvatura y momento - rotación para elementos de hormigón armado y acero con ASCE/SE 41 y sistema de computación CEINCI-LAB.* **AGUIAR, Roberto, MORA, David y Rodriguez, Michael. 2015.** 201-239, Sangolquí - Ecuador : Revista CIENCIA, 2015, Vols. Vol. 17,2 .

**EXPEDIENTE TÉCNICO 1 - PNVR. 2019.** *Mejoramiento de Vivienda Rural en los centros poblados Choquepuma, Chullo y Otros - Distrito de Pallpata, Provincia de Espinar - Departamento de Cusco.* Lima - Perú : Expediente Técnico, 2019. sn.

**EXPEDIENTE TÉCNICO 2 - PNVR. 2019.** *Mejoramiento de Vivienda Rural en los centros poblados Kayrahuiri y Japo Central - Distrito de Pallpata - Provincia de Espinar - Departamento de Cusco.* Lima - Perú : Expediente Técnico, 2019. sn.

**GÓMEZ CHÁVEZ, Salvador Ismael. 2007.** *Análisis Sísmico Moderno Ética Aplicada.* México : Trillas, 2007. 9789682473791.

**HERNÁNDEZ SAMPIERE, Roberto y MENDOZA TORRES, Christian Paulina. 2018.** *Metodología de la Investigación: las rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta.* Mexico : MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A de C.V, 2018. 978-1-4562-6096-5.

**HUACO, Guillermo, GONZALES, George y AGUILAR, Ashily. 2020.** *Análisis dinámico incremental de un Hospital de 60 años de antigüedad con muros de albañilería artesanal.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú : 2020.



**HUAMANI CAMARGO, Hans. 2020.** *Análisis sísmico no lineal estático basado en desempeño*. Diescon Ingenieros, Lima - Perú : 2020.

**HUAMANI CARDENAS, Fany Eliana, TAIPE ESCOBAR, Yubisa Wendy y UGARTE VEGA, Jackeline. 2021.** *Análisis del confort térmico en las viviendas "Sumaq Wasi", Misquipata, distrito de San Juan de Jarpa, provincia Chupaca, región Junín*. [Tesis de Grado]. Universidad Continental - Escuela Académico Profesional de Arquitectura. Huancayo - Huancayo : Repositorio Institucional, 2021.

**ISO 7730. 2006.** *Ergonomía del ambiente térmico*. Génova - Madrid - España : AENOR, 2006.

**IZQUIERDO BUSTAMANTE, Ricardo Javier y MENDOZA CARMEN, José Orlando. 2022.** *Evaluación del desempeño sísmico en una edificación de dos niveles ubicada en el Departamento de Lambayeque, aplicando el procedimiento no lineal estático*. [Tesis de Pregrado]. Universidad de Piura - Facultad de Ingeniería. Piura - Perú : Repositorio Institucional, 2022.

**JC MEDICAL SUPPLIES. 2006.** JC Medical Supplies Perú. *JC Medical Supplies Tecnología, Calidad y Compromiso*. [En línea] Instrumentos de medición, 2006. [Citado el: 19 de Enero de 2023.] <https://www.jcmedicalsupplies.com/>.

**KOROIWA, Julio. 2019.** *Gestión del Riesgo de Desastres en el Siglo XXI*. Lima : NSG SAC, 2019. 978-9972-9999-1-8.

**MANDER, By J. B., PRIESTLEY, M. J. N. y PARK, R. 1988.** *Theoretical Stress - Strain Model for Confined Concrete*. Nueva Zelanda : Journal of Structural Engineering, 1988. 0733-9445/88/0008-1804/.

**MORENO PIZA, Nicolás. 2017.** *Efecto de las fibras de acero sobre el confinamiento de columnas de concreto*. [Tesis de Grado]. Universidad Militar Nueva Granada - Facultad de Ingeniería Civil. Bogota - Colombia : Repositorio Institucional, 2017.

**MUÑOZ, Alejandro. 2020.** *Comentarios a la Norma Peruana E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima - Perú : Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO, 2020. sn.

**MVCS. 2021.** Gob.pe Plataforma Digital Unica del Estado Peruano. *Gob.pe Plataforma Digital Unica del Estado Peruano*. [En línea] 23 de 11 de 2021. [Citado el: 06 de 01 de 2022.] <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/563184-ministerio-de-vivienda-mas-de-111-mil-hogares-tendran-agua-potable-con-obras-que-se-terminaran-el-2022>.



**MVCS. 2022.** Gob.pe Plataforma Digital Única del Estado Peruano. *Gob.pe Plataforma Digital Única del Estado Peruano*. [En línea] Oficina General de Comunicaciones, 22 de 02 de 2022. [Citado el: 24 de 04 de 2023.] <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/578523-ministerio-de-vivienda-ejecuto-4784-casitas-sumaq-wasi-en-cusco-durante-el-2021>.

**NIST. 2017.** *Guidelines for Nonlinear Structural Analysis for Design of Buildings Part IIb - Reinforced Concrete Moment Frames*. California - Estados Unidos : Departamento de Comercio de EE. UU. Wilbur L. Ross, Jr., Secretario, 2017.

**NTP E.030. 2019.** *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima - Perú : Resolución Ministerial, 2019. sn.

**NTP E.080. 2017.** *Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada*. Lima - Perú : Resolución Ministerial, 2017. sn.

**NTP EM 110. 2014.** *Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia*. 2014.

**NUÑEZ, Hugo Rósulo. 2011.** *El Proyecto de Investigación en Carrera de Ingeniería*. [ed.] Hugo Rósulo Lozano Núñez. Perú : ne, 2011. 978-612-00-0565-1.

**ORTEGA, Juan Emilio. 2015.** *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima - Perú : Empresa Editora Macro EIRL, 2015. 978-612-304-217-2.

**OTAZZI, Gianfranco. 2014.** *Diseño en concreto armado 2da Edición*. Lima - Perú : Asociación capitulo peruano del Instituto Americano del Concreto, 2014. 978-612-45252-0-9.

**PEINADO PACHECO, Frans Vladimir. 2022.** *Evaluación del comportamiento sísmico de edificios de concreto armado aplicando la metodología del perfil bio-sísmico y diseño por desempeño*. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Civil. Lima - Perú : Repositorio Institucional , 2022.

**PNVR. 2019.** Gob.pe Plataforma Digital Unica del Estado Peruano. *Gob.pe Plataforma Digital Unica del Estado Peruano*. [En línea] 13 de 11 de 2019. [Citado el: 06 de 01 de 2022.] <https://www.gob.pe/6977-programa-nacional-de-vivienda-rural-que-hacemos>.

**POLO CAMPOS, Gerlin Andrea. 2021.** *Base para una guía para análisis estático no lineal: aplicando en estructuras de pórticos en concreto reforzado*. [Tesis de Postgrado]. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito - Facultad de Ingeniería. Bogotá - Colombia : Repositorio Digital, 2021.



**PuntoEdu. 2020.** Tecnología contra las heladas: la PUCP trabaja en este proyecto que construirá 25,000 Casas Calientes. *Puntificia Universidad Catolica del Perú*. [En línea] 31 de 08 de 2020. [Citado el: 01 de 05 de 2023.] <https://puntoedu.pucp.edu.pe/orgullo-pucp/pucp-trabaja-en-proyecto-que-construira-25000-casas-calientes/>.

**QUEZADA, Nel. 2010.** *Metodología de la Investigación*. Lima - Perú : Macro E.I.R.L, 2010. 978-612-4034-50-3.

**RIOFRÍO PEREDO, Mónica de Lourdes. 2019.** *Análisis del confort térmico de edificaciones construidas con tecnologías de tierra y estructuras de madera, en microclimas fríos de la serranía Ecuatoriana*. [Tesis de Postgrado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Facultad de Arquitectura Diseño y Arte. Quito - Ecuador : Repositorio de Tesis de grado y postgrado, 2019. pág. 103.

**SEAOC. 1995.** *Vision 2000 Report on performance based seismic engineering of buildings TOMO I*. California : Structural Engineers Association of California, 1995.

**SENAMHI. 2015.** Suscribieron el Convenio de Cooperación Interinstitucional. *Plataforma Digital Unica del Estado Peruano*. [En línea] Gob.Pe, 03 de 12 de 2015. [Citado el: 21 de 02 de 2022.] <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/noticias/112509-data-logger-informacion-de-temperatura-para-viviendas-mejoradas>.

**Soporte de Minitab 20. 2021.** Minitab.com. *Minitab Statistical Software*. [En línea] Revisión general de Prueba de signo para 1 muestra, 2021. [Citado el: 31 de 05 de 2023.] <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/statistics/nonparametrics/how-to/1-sample-sign/before-you-start/overview/>.

**VALERIANO LAYME, Lisset Rosmery. 2022.** *Evaluación de factores físico ambientales en las viviendas rurales del sector Túpac Amaru, Distrito de Vilque - Puno*. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional del Altiplano - Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola. Puno - Perú : Repositorio Institucional, 2022.

**VERRI, A. D. 2003.** *Modelación Numérica No-Lineal de Estructuras de Hormigón Armado sometidas a Cargas Cíclicas*. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires : 2003.

**VILCA LLANO, Milton, QUISPE CAMA, Diana Yaneth y COAQUIRA MAMANI, Edson Alexis. 2022.** *Análisis del comportamiento de las viviendas Sumac Wasi por efectos del viento*. Puno, [Tesis de grado]. Universidad Peruana Unión - Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Juliaca - Perú : Repositorio Institucional, 2022.



**VILLARREAL, Genner. 2017.** *NO-Linealidad Física en Edificaciones de Concreto Armado.* Lima - Perú : Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L, 2017. 978-612-00-2971-8.

**VINH DUONG, Kien. 2006.** *Comportamiento sísmico de una cortante - crítica de un portico de concreto reforzado: una investigación experimental y numérica.* [Tesis de Postgrado]. Universidad de Toronto - Departamento de Posgrado de Ingeniería Civil. Toronto - Canada : Repositorio Institucional, 2006.

**ZUÑIGA CUEVAS, Oscar y TERÁN GILMORE, Amador. 2008.** *Evaluación basada en desplazamiento de edificaciones de mampostería confinada.* México : Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 2008. págs. p.p. 25-48. 0185-092X.



## ANEXOS



## ANEXO 1. PANEL FOTOGRÁFICO



En la fotografía se muestra la visita a campo para ver trazo - replanteo y excavación para cimentación



En la fotografía se muestra la visita a la obra para ver el control de calidad de adobe y refuerzo horizontal con caña chancada en el muro.



En la fotografía se muestra la visita a la obra para verificar el asentado de adobe y su culminación de muro de adobe reforzado. Se verifica la viga collar y su aseguramiento.

**Figura 117 — Descripción de vivienda rural de muros de adobe reforzado – Análisis Sísmico**



Se realiza la visita a la obra para verificar la parte estructural de sistema a porticado vigas y columnas, el proceso constructivo.



Se realiza la visita a la obra para verificar la configuración estructural al interior de la vivienda.

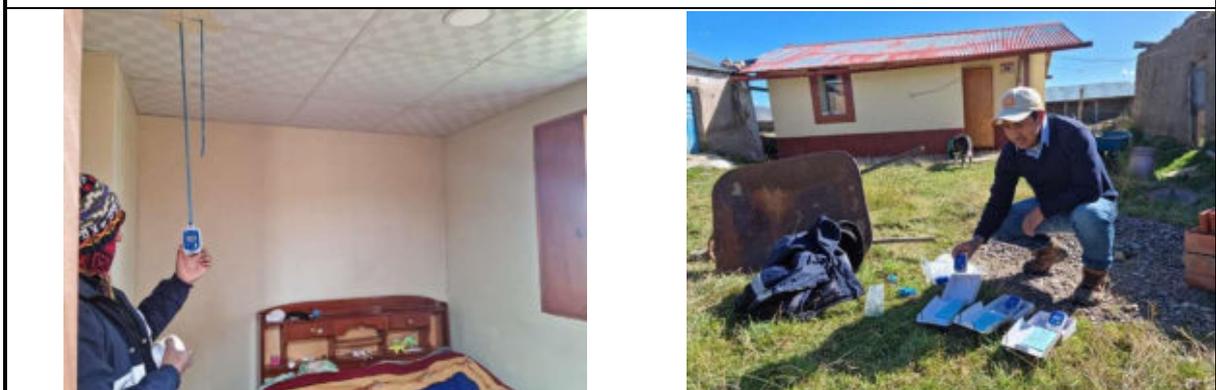


Se realiza la visita a obras concluidas para verificar el estado estructural y verificar con los planos del expediente técnico.

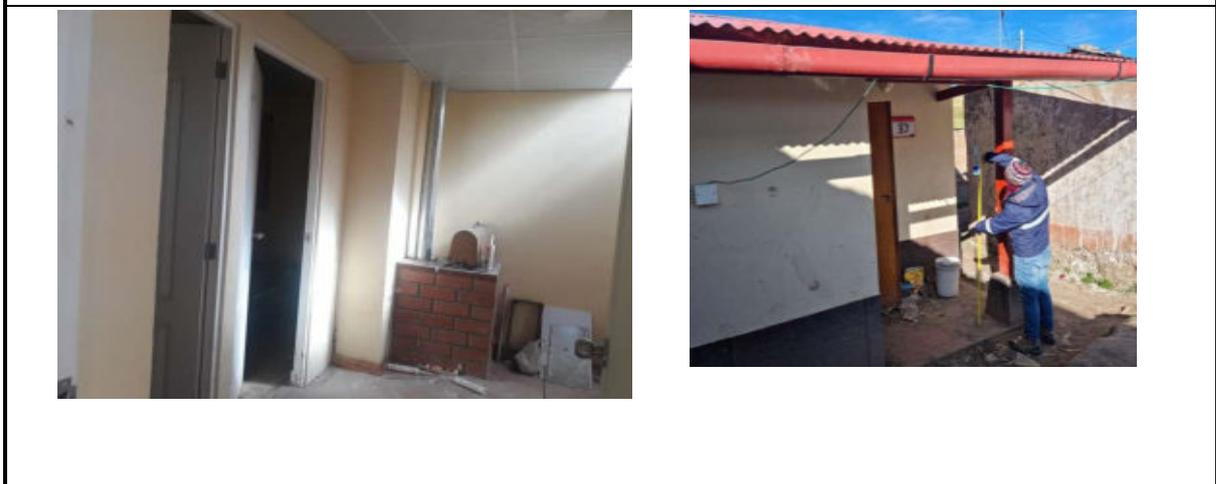
**Figura 118 — Descripción de vivienda rural de muros de doble muro de ladrillos con Poliéstireno Expandido (EPS) – Análisis Sísmico**



En la fotografía se muestra la ubicación de ventana cenital de policarbonato compacto transparente, y el colocado del instrumento datalogger en área social.



En la fotografía se muestra los 03 datalogger y su respectivo colocado en la vivienda rural.



En la fotografía se muestra el colocado del instrumento datalogger al exterior de la vivienda y en la otra fotografía la ubicación de la estufa.

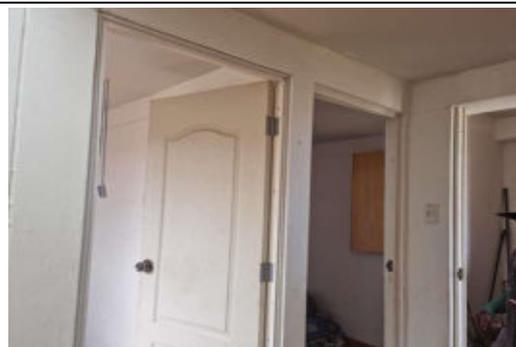
**Figura 119** — Descripción de vivienda rural de muros de adobe reforzado – Análisis Térmico



En la figura se muestra el colocado de datalogger en área social considerando las distancias de acuerdo a los estudios que ya se realizaron.



En la figura se muestra la colocación de datalogger al área social y dormitorios respetando las distancias a considerar.



El la figura se muestra se muestra el colocado de datalogger al interior y exterior de vivienda para su respectivo registro.

**Figura 120 — Descripción de vivienda rural de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) – Análisis Térmico**

ANEXO 2. ESTUDIO DE MECÁNICA SUELOS DEL (EXPEDIENTE TÉCNICO 1 - PNVR, 2019)

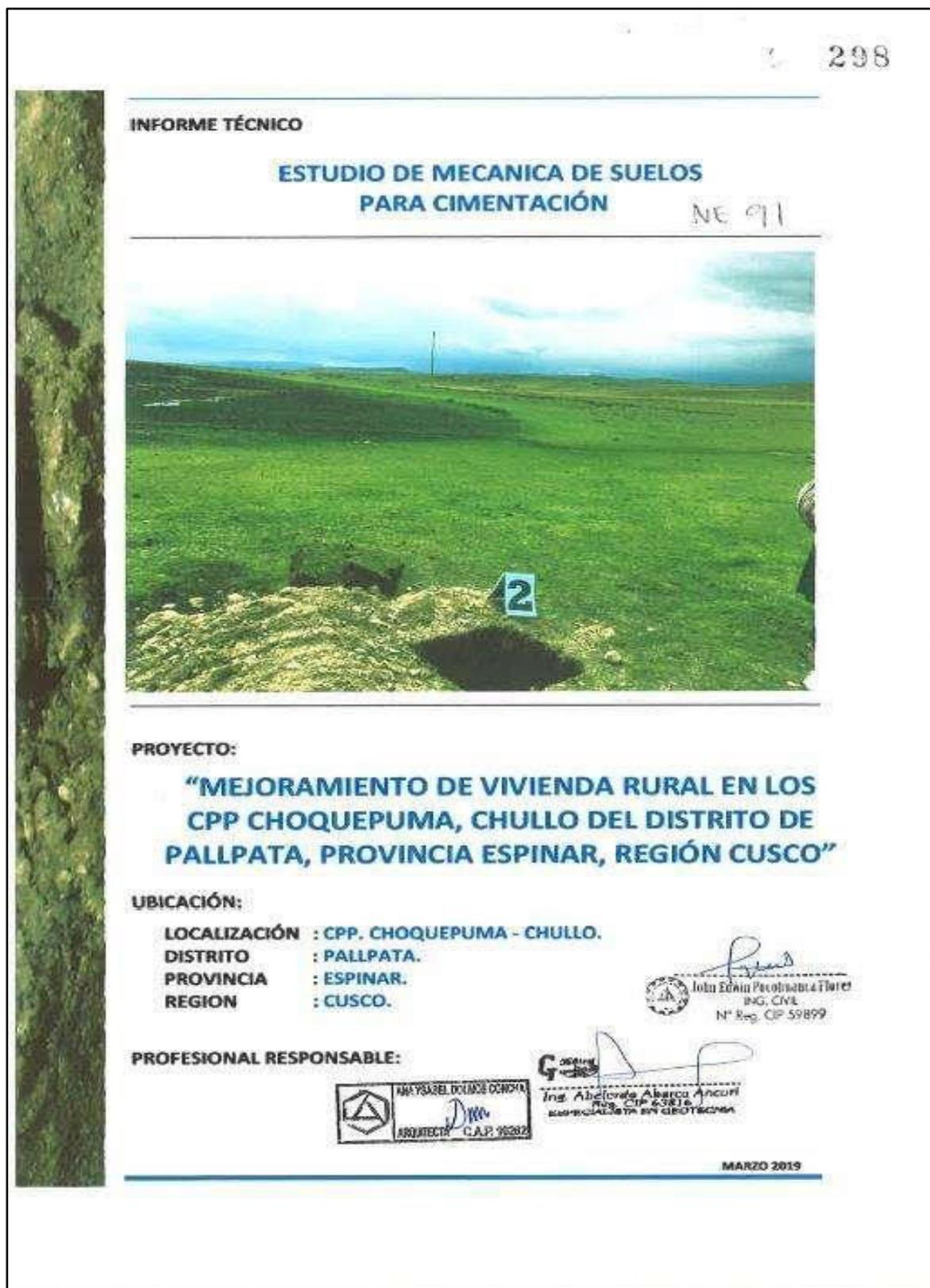


Figura 121 — Estudio de mecánica de suelos del Centro Poblado Choquepuma – Chullo

E.M.S.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS – PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CPP CHOQUEPUMA, CHULLO DEL DISTRITO DE PALLAPATA, PROVINCIA ESPINAR, REGIÓN CUSCO"  
UBICACIÓN: CPP CHOQUEPUMA - CHULLO - DIST. PALLAPATA - PROV. ESPINAR - REGIÓN CUSCO.

284

**1.8. Nivel Freático**  
En las Calicatas investigadas: C-01 y C-02 NO se detectó la presencia del Nivel Freático hasta la profundidad de investigación de 3.00 mts.



Nivel Freático - EMS Mej. Viv. Rural CPP. Choquepuma, Chullo - Dist. Pallpata

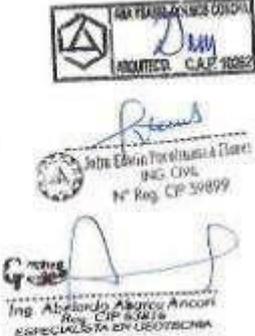
**1.9. Efecto del Sismo**  
De acuerdo a la **Zonificación Sísmica del Perú**, establecido en la Norma de Diseño Sísmico Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, **la Región Cusco se encuentra en la Zona 3.**

ZONAS SÍSMICAS



ZONA	ACC
1	0.10
2	0.25
3	0.45
4	0.85

Mapa N° 01



Ing. Alfonso Alvarado Ancori  
REG. CIP 63416  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

14

[www.geoteciosperu.com](http://www.geoteciosperu.com) Av. Brasil C-4, Urb. Guispicanchi - Cusco (084) 256016 [geoteciosperu@hotmail.com](mailto:geoteciosperu@hotmail.com)

Figura 122 — Ubicación de zona de estudio en el mapa de zonificación sísmica



E.M.S.

283

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CPP CHOQUEPUMA, CHULLO DEL DISTRITO DE PALLAPATA, PROVINCIA ESPINAR, REGION CUSCO"

UBICACIÓN: CPP, CHOQUEPUMA - CHULLO - DIST. PALLAPATA - PROV. ESPINAR - REGION CUSCO.

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

De acuerdo a la **Zonificación Sísmica del Perú**, establecido en la Norma de Diseño Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, **la Región Cusco se encuentra en la Zona 3, y su correspondiente factor de zona "Z" = 0.35**

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
3	0.35

**Condiciones geotécnicas.**  
**Perfiles de suelo.**

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ) para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación, como se indica en el numeral 2.3.2.

Para los suelos predominantemente granulares, se calcula  $N_{60}$  considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$  se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo.

Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de  $N_{60}$  para los estratos con suelos granulares y de  $S_u$  para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más flexible.

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:



ING. CIVIL  
N° Reg. CP 59899



Ing. Alejandro Alvarca Ancori  
Reg. CP 63874  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

15

[www.geotecniaeriu.com](http://www.geotecniaeriu.com)      Av. Brasil C-4, Urb. Quepicanchi - Cusco (084) 256015      [geotecniaeriu@hotmail.com](mailto:geotecniaeriu@hotmail.com)

Figura 123 — Factor de zona sísmica CP Choquepuma - Chullo



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS – PROYECTO: “MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CPP CHOQUEPUMA, CHULLO DEL DISTRITO DE PALLPATA, PROVINCIA ESPINAR, REGIÓN CUSCO”  
 UBICACIÓN: CPP. CHOQUEPUMA - CHULLO - DIST. PALLPATA - PROV. ESPINAR - REGIÓN CUSCO.

- a. Perfil tipo S<sub>0</sub>: Roca dura.
- b. Perfil tipo S<sub>1</sub>: Roca o suelos muy rígidos.
- c. **Perfil tipo S<sub>2</sub>: Suelos intermedios. (perfil de suelo del presente proyecto)**
- d. Perfil tipo S<sub>3</sub>: Suelos blandos.
- e. Perfil tipo S<sub>4</sub>: Condiciones excepcionales.

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\xi_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

De acuerdo a los ensayos de caracterización y ensayos de resistencia mecánica, el perfil del suelo en el presente proyecto corresponde a S<sub>2</sub>.

**Parámetros de sitio (S, T<sub>p</sub> y T<sub>L</sub>)**

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los periodos T<sub>p</sub> y T<sub>L</sub> dados en las Tablas N° 3 y N° 4.

ZONA \ SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,05
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,50	2,00

Para el presente proyecto se tienen los parámetros siguientes:

Para S<sub>2</sub> y Z<sub>2</sub>, se tienen:

**S = 1.15.**

Perfil de suelo	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	T <sub>p</sub> (s)	0,3	0,4	0,6
T <sub>L</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

**T<sub>p</sub> = 0.6, y T<sub>L</sub> = 2.00**



Figura 124 — Parámetros de sitio de CP Choquepuma - Chullo



**ANEXO 3. ESTUDIO DE MECÁNICA SUELOS DEL (EXPEDIENTE TÉCNICO 2 - PNVN, 2019)**



**Figura 125 — Estudio de Mecánica de suelos de centro poblado Kayrahuiri y Japo Central**

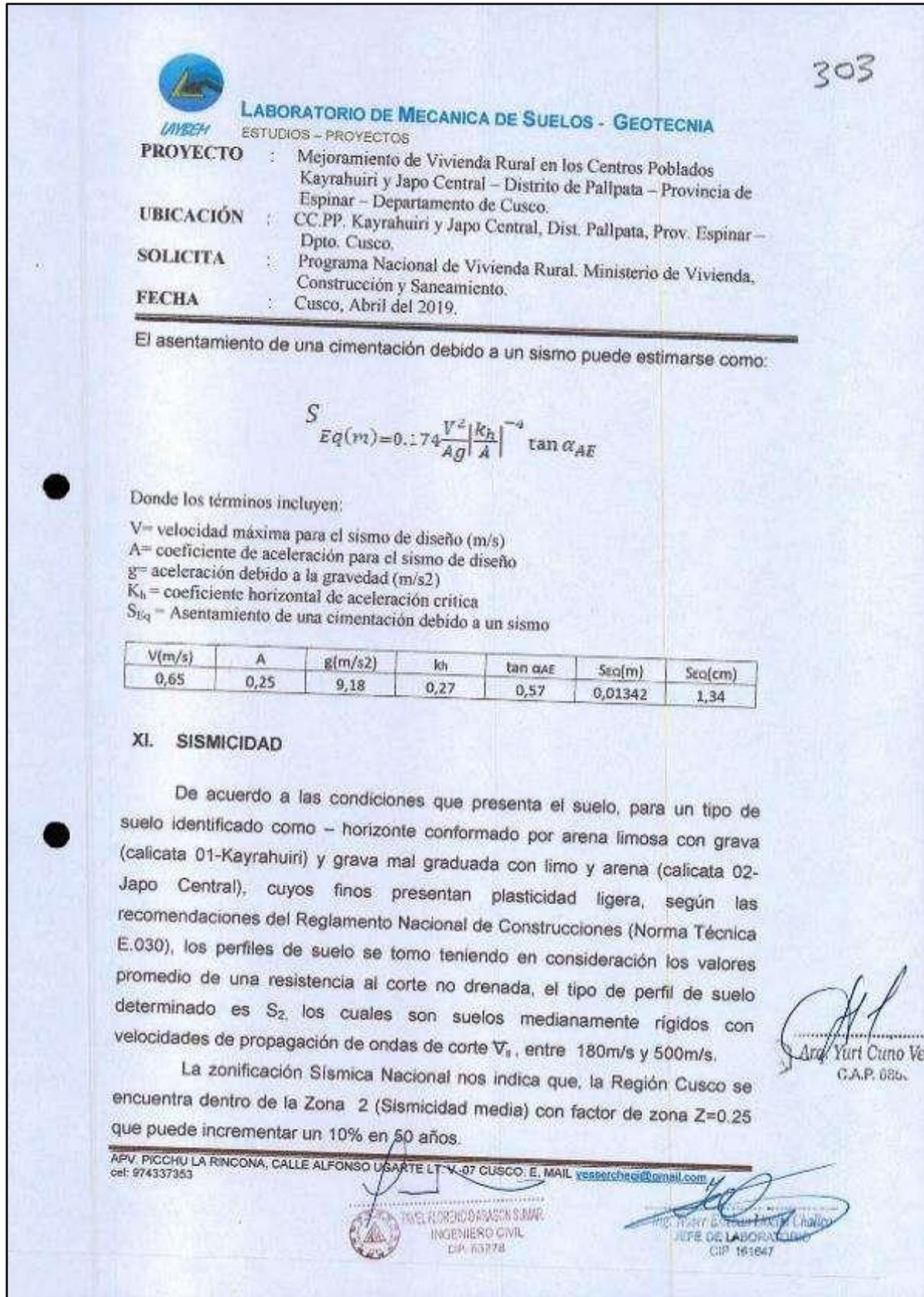


Figura 126 — Factor de zona sísmica de CP Kayrahuiri y Japo Central



301



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA**  
ESTUDIOS - PROYECTOS

**PROYECTO** : Mejoramiento de Vivienda Rural en los Centros Poblados Kayrahuiri y Japo Central – Distrito de Pallpata – Provincia de Espinar – Departamento de Cusco.

**UBICACIÓN** : CC.PP. Kayrahuiri y Japo Central, Dist. Pallpata, Prov. Espinar – Dpto. Cusco.

**SOLICITA** : Programa Nacional de Vivienda Rural. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

**FECHA** : Cusco, Abril del 2019.

---

**XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- El nivel freático quedó registrado a 1.30m de profundidad medida a partir de la cota de terreno actual en la calicata 02.
- De acuerdo a los resultados de laboratorio el suelo está clasificado como SM (Arena limosa con grava (0.20-1.50m)) y ML (Limo (0.0-0.20m)) todo esto en la calicata 01-Kayrahuiri. GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena (0.40-1.50)) y ML (Limo (0.0-0.40m)) todo esto en la calicata 02-Japo Central. El suelo se clasificó según SUCS. El suelo registrado no presenta potencial de colapso, suelo permeable, susceptibilidad a la licuación ligera a nula. Las características bajo las cuales se realizó el muestreo respectivo fueron bajo las condiciones ambientales favorables.
- La cimentación sugerida sería la de cimientos corridos. La carga final admisible recomendada y la profundidad de fundación viene detallada en el siguiente cuadro:

Calicata	Df(m)	Qa(Kg/cm <sup>2</sup> )
01-Kayrahuiri	0.80	2,16
02-Japo Central	0.80	1,35

- Se sugiere el uso de aditivos impermeabilizantes en caso se utilice concreto en las cimentaciones, con el objetivo de minimizar el daño generado por la humedad presente en el suelo de fundación, se sugiere que los materiales a utilizar para el concreto de las cimentaciones (arena y agregado grueso) tengan un bajo contenido de sales solubles, sobre todo que no contengan un elevado contenido de sulfatos y cloruros, las sales de sulfatos atacan el cemento produciendo agrietamientos y desmoronamientos en su masa, es suficiente el 0.06% de sulfatos o el 0.1% de cloruros (proporciones en peso) para generar daños

APV. PICCHU LA RINCONA, CALLE ALFONSO UGARTE LT. V -47 CUSCO. E. MAIL: [yessercheuri@gmail.com](mailto:yessercheuri@gmail.com)  
cel. 974337353

MIGUEL RODRÍGUEZ PÁEZ  
INGENIERO CIVIL  
D.P. 63278

Mg. Yuri Curo V.  
C.A.P. 685.

Figura 127 — Parámetros de sitio y capacidad portante Kayrahuiri y Japo Central



### ANEXO 4. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

	
<p>Certificado de calibración de Datalogger DTR- 305 190501281</p>	
	
<p>Certificado de calibración de Datalogger DTR- 305 190501263</p>	
	
<p>Certificado de calibración de Datalogger DTR- 305 190501246</p>	

Figura 128 — Certificados de calibración de datalogger termohigrómetro



**ANEXO 5. CUADRO EXCEL DE CURVA DE CAPACIDAD**

**Tabla 31 — Tabla comparativa de curva de capacidad experimental y computacional**

CURVA DE CAPACIDAD DE ENSAYO EXPERIMENTAL DE MURO DE ADOBE REFORZADO		CURVA DE CAPACIDAD DE MODELO COMPUTACIONAL DE MURO DE ADOBE REFORZADO			
X: DESPLAZAMIENTO LATERAL (mm)	Y: CORTANTE BASAL (Tonf)	X: DESPLAZAMIENTO LATERAL (mm)	Y: CORTANTE BASAL (Tonf)	X: DESPLAZAMIENTO LATERAL (mm)	Y: CORTANTE BASAL (Tonf)
0.0000	0.0000	0	0	52	2.6017
0.6706	0.2986	1	1.2709	53	2.6126
1.1654	0.5863	2	1.2881	54	2.6236
1.7839	0.7734	3	1.3177	55	2.6345
3.2682	0.9964	4	1.3472	56	2.6454
5.6185	1.2626	5	1.3768	57	2.6564
10.0716	1.5216	6	1.4064	58	2.6673
16.3802	1.7806	7	1.4359	59	2.6783
24.0495	2.0036	8	1.4655	60	2.6892
29.4922	2.1906	9	1.4951	61	2.7001
33.4505	2.3273	10	1.5246	62	2.7111
36.2956	2.3993	11	1.5542	63	2.722
38.8932	2.4568	12	1.5838	64	2.733
41.3672	2.5072	13	1.6133	65	2.7439
45.4492	2.5647	14	1.6429	66	2.7548
51.6341	2.6511	15	1.6725	67	2.7658
59.9219	2.7446	16	1.702	68	2.7767
67.0964	2.8165	17	1.7316	69	2.7877
74.5182	2.8813	18	1.7612	70	2.7986
79.4661	2.9173	19	1.7907	71	2.8095
84.9089	2.9029	20	1.8203	72	2.8205
90.9701	2.8597	21	1.8499	73	2.8314
96.2891	2.7806	22	1.8794	74	2.8424
99.5052	2.7374	23	1.909	75	2.8533
102.4740	2.7086	24	1.9386	76	2.8642
		25	1.9681	77	2.8752
		26	1.9977	78	2.8861
		27	2.0273	79	2.8971
		28	2.0568	80	2.908
		29	2.0864	81	2.9189
		30	2.116	82	2.9299
		31	2.1455	83	2.9121
		32	2.1751	84	2.9014



		33	2.2047	85	2.8908
		34	2.2342	86	2.8801
		35	2.2638	87	2.8694
		36	2.2934	88	2.8588
		37	2.3229	89	2.8481
		38	2.3525	90	2.8374
		39	2.3821	91	2.8268
		40	2.4116	92	2.8161
		41	2.4412	93	2.8054
		42	2.4708	94	2.7948
		43	2.5003	95	2.7841
		44	2.5141	96	2.7734
		45	2.5251	97	2.7627
		46	2.536	98	2.7521
		47	2.547	99	2.7414
		48	2.5579	100	2.7307
		49	2.5689	101	2.7201
		50	2.5798	102	2.7094
		51	2.5907	103	2.6987
				104	2.6972



## ANEXO 6. MEMORIA DE CÁLCULO DE (EXPEDIENTE TÉCNICO 1 - PNVR, 2019)

MEMORIA DE ESTRUCTURAS VIVIENDA ADOBE TIPO A CON ÁREA TAPÓN – REFUERZO DE CAÑA  
Ing. Daniel Torrealva Dávila - CIP14072

### MEMORIA DE ESTRUCTURAS VIVIENDA ADOBE TIPO A CON ÁREA TAPÓN REFUERZO DE CAÑAS

#### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La estructura analizada corresponde a un Módulo Mejorado de Vivienda para Sierra de 33m<sup>2</sup> aproximadamente de área construida con refuerzo de caña, de acuerdo a los lineamientos del Programa Nacional de Vivienda Rural -PNVR, la cual permitirá mejorar la calidad de vida de la población pobre y extremadamente pobre, especialmente la asentada en los centros poblados rurales o rural dispersa, que permita lograr los objetivos de habitabilidad efectiva, así como lograr confort térmico y seguridad sísmica. La vivienda está proyectada en un solo nivel con tres ambientes bien definidos (Figura 1). Los muros son de adobe de 40cm de espesor y algunos tabiques de fibrocemento. El techo es a dos aguas con tijerales y correas de madera con cobertura liviana (Figura 2).

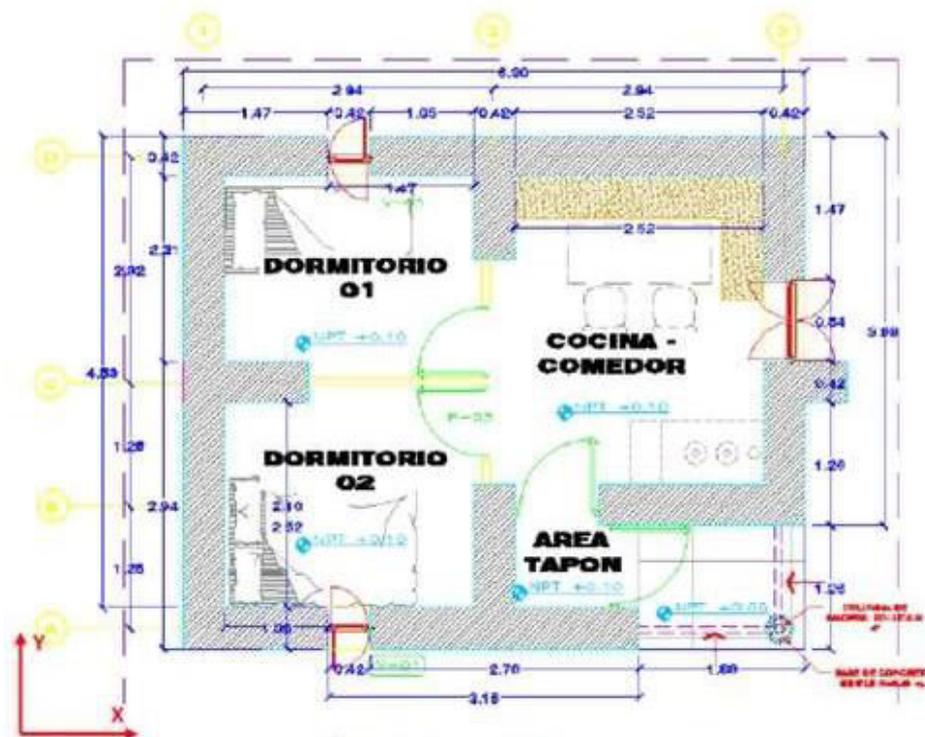
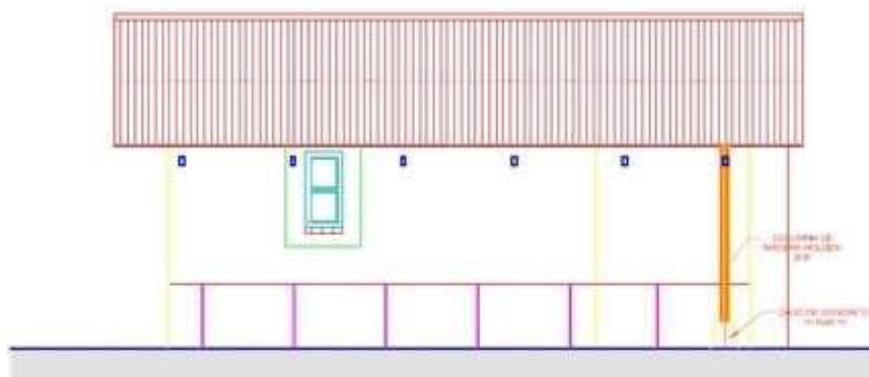


Figura 1. Planta del proyecto.

MEMORIA DE ESTRUCTURAS VIVIENDA ADOBE TIPO A CON ÁREA TAPÓN – REFUERZO DE CAÑA  
Ing. Daniel Torrealva Dávila - CIP14072



## ELEVACION 1

ESC. 1/50

Figura 2. Elevación principal del proyecto

### 2. CARACTERÍSTICAS MECANICAS DE LOS MATERIALES

En base a las normas E.010 (MADERA) y E.080 (TIERRA REFORZADA); y a estudios experimentales previos, se han considerado los siguientes valores de propiedades mecánicas de los materiales:

#### Mampostería de adobe

- Módulo de elasticidad:  $E_m = 4,000\text{kg/cm}^2$ .
- Resistencia última a la compresión:  $f'_m = 6.0\text{kg/cm}^2$
- Resistencia admisible a la compresión (E.080)  $f_{adm} = 2.0\text{kg/cm}^2$
- Esfuerzo Cortante último en muros sin refuerzo:  $v'_m = 0.25\text{kg/cm}^2$ .

#### Madera

- Módulo de elasticidad  $E = 90,000\text{kg/cm}^2$
- Resistencia admisible a tracción por flexión =  $100\text{kg/cm}^2$
- Resistencia admisible al corte =  $8\text{kg/cm}^2$

#### Caña

MEMORIA DE ESTRUCTURAS VIVIENDA ADOBE TIPO A CON ÁREA TAPÓN – REFUERZO DE CAÑA  
 Ing. Daniel Torrealva Dávila - CIP14072

- Resistencia a la tracción: .....Mayor a 1,200kg por caña

### 3. CARGAS

Para el modelo estructural realizado se consideraron las siguientes cargas:

#### Carga muerta

Peso Específico de Madera = 900kg/m<sup>3</sup>

Peso específico de la Mampostería de Adobe = 1,600kg/m<sup>3</sup>

Cobertura liviana con aislante = 50kg/m<sup>2</sup>.

#### Carga viva

Cobertura ligera = 30 kg/m<sup>2</sup>(montaje)

#### Carga sísmica

De acuerdo con la Norma E.080 de tierra reforzada la fuerza sísmica horizontal en la estructura está definida por: H=SUCP. Los valores considerados se muestran a continuación:

H: fuerza sísmica horizontal, H = SUCP		
S: factor de suelo	Suelo intermedio	1,4
U: factor de uso	Vivienda unifamiliar	1,0
C: coeficiente sísmico	Zona sísmica 3	0,2
P: peso de la edificación incluye carga muerta más 25% de la carga viva		
$H = 1,4 \times 1,0 \times 0,2 \times P = 0,28P$ En términos de aceleración: $H = 0,28 \cdot M \cdot g = A \cdot M$ Aceleración de la estructura = $0,28g = 0,28 \times 9,81 = 2,75m/s^2$		



## ANEXO 7. MEMORIA DE CÁLCULO DEL (EXPEDIENTE TÉCNICO 2 - PNVR, 2019)

\*Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres\*  
\*Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad\*

### INFORME N° 001-2019/ CDE01-19/PMAHF/VCA

**A :** **ING. JUAN CARLOS GERMAN COLICHON BOLIVAR**  
Director Ejecutivo  
Programa Nacional de Vivienda Rural - PNVR

**DE :** **ING. VÍCTOR ANDRÉS CUBA ACHAHUI**  
Servicio para realizar el diseño y cálculo estructural de las propuestas de módulos para la intervención del PNVR, en el marco del plan Multisectorial Ante Heladas y Frijaje - PMAHF 0001249 - 2019

**ASUNTO :** **INFORME DEL ANÁLISIS DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN PRIMER DISEÑO DEL PNVR**

**FECHA :** Cusco, 05 de marzo del 2019

Me dirijo a usted para saludarlo y, al mismo tiempo a fin de alcanzar el presente informe a través del cual se detallan las actividades realizadas para el Servicio para realizar el diseño y cálculo estructural de las propuestas de módulos para la intervención del PNVR, en el marco del plan Multisectorial Ante Heladas y Frijaje - PMAHF; de acuerdo a lo establecido en los términos de referencia de la Orden de Servicios N° 0001249 -2019, a efectos de cumplir con lo establecido en las condiciones previas a la conformidad del servicio.

#### ANTECEDENTES

- Orden de Servicio N° 0001249 - 2019, fue emitida el 22 de marzo del 2019, y se firmó con fecha 22 de marzo del 2019

#### I INTRODUCCION

##### DESCRIPCION DEL PROYECTO

El presente proyecto trata de la construcción de Viviendas Modulares para la población afectada por la temporada de friaje en la sierra andina de los departamentos del sur del Perú (Cusco y Puno) en sectores que se ubican a más de 3000 msnm.

La construcción se caracteriza por su concepción que pretende dotar de ambientes aislados del intemperismo y frío externo en las comunidades alto andinas especialmente en la temporada del invierno, consistiendo de una edificación con estructura de concreto armado con doble muro de ladrillos perimetral con material aislante al medio, e igualmente techo y piso dotados con aislamiento térmico, puerta de acceso y ventanas también pensadas para mantener el calor interno, y hasta una estufa para dotar de la mejor temperatura posible al interior del módulo vivienda, para contrarrestar el frío extremo externo.

  
**Victor Andres Cuba Achahui**  
Ing. CIVIL  
CIP N° 133826

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad".

## II DESCRIPCION DE ACTIVIDADES

### 1 CALCULO ESTRUCTURAL

#### Aspectos Generales

Se ha propuesto un sistema estructural aporticado de vigas y columnas, constructivamente se propone que se integren en este caso con el doble muro de ladrillo perimetral, ya que es la mejor forma de arriostrarlos y asegurarlos, en este caso alcanza los 25 cm de espesor, medida que condiciona la dimensiones de las vigas y columnas de mayor ancho.

La estructura propuesta posee la rigidez adecuada para ser compatible con la de los muros, y refuerza adecuadamente con elementos de refuerzo vertical adicionales (columnetas) los cambios de sección del muro que se producen en los alféizares de ventanas y en las puertas.

Por ser una estructura de un solo nivel y de techo ligero o bajo volumen de masa inercial para el caso sísmico, no se han propuesto innecesariamente estructuras con capacidades especiales de ductilidad que impliquen considerar momentos y esfuerzos provenientes de la capacidad de la armadura o refuerzo, sino simples estructuras con balanceo intermedio en su diseño, sujeto a cargas gravitacionales, sísmicas y/o de viento.

El planteamiento estructural pretende ser rígido y monolítico constructivamente con la albañilería, como una construcción de muros confinados, pero al ser los muros de simple albañilería artesanal sin mayores parámetros, no se considera aporte suyo tomar esfuerzos. La estructura de concreto tomará todas las demandas, y presentará bajo grado de deformabilidad de un orden menor que correspondería a la albañilería, a fin de no afectar a ésta.

Eventualmente se demostrará de ser necesario compatibilidad de deformaciones entre la albañilería y la estructura de concreto.

La forma y dimensiones de la estructuración obedece primeramente a la configuración arquitectónica, proponiéndose la ubicación final de las columnas según figura en los modelos, buscando principalmente la condicionante estructural de dotar de rigidez adecuada a la edificación, resistencia al corte, deformación dentro de los parámetros reglamentarios, y restringir la posibilidad de giro, efectuando un balanceo matemático de las rigideces de los diferentes elementos verticales, tomando en cuenta sus dimensiones, ubicación y forma, a fin de lograr una coincidencia casi exacta de los centros de masa y rigidez, y tomando en cuenta las dos direcciones principales y perpendiculares entre sí.

Luego se efectúa un análisis estructural y diseño de los diversos elementos empleando el programa ETabs, tomando en cuenta las recomendaciones reglamentarias.

Se efectúa en tres direcciones (X, Y i Z) un diseño sísmico espectral modal tridimensional, considerando los parámetros y zonificación sísmicas reglamentarias.

Al no presentar el presente proyecto un diafragma rígido, sino un techo sencillo a base de tijerales de madera, se considera como irregularidad en

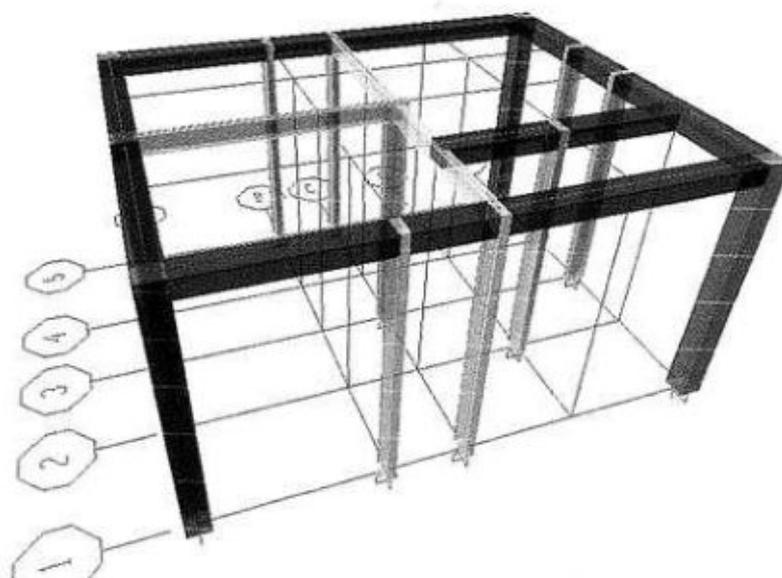
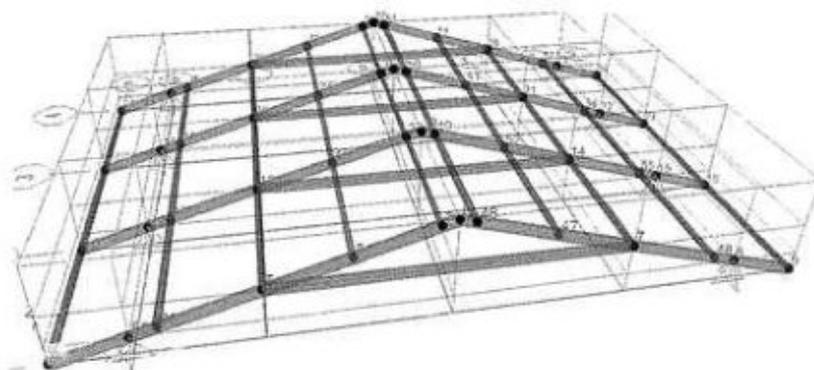
  
**Victor Andres Cuba Achahui**  
Ing. CIVIL  
CIP N° 133826



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad".

### ESTRUCTURACIÓN

Se han configurado modelo 3D (tridimensional) de cada parte estructural del módulo, con las consideraciones reglamentarias tanto para análisis de cargas estáticas como dinámicas, tomando en consideración el grado más desventajoso posible de las condiciones de un suelo que permita edificar sobre él (cuya capacidad admisible se deberá verificar en campo y deberá resultar mayor que la propuesta como valor mínimo), para plantear estructuras óptimas al mayor grado con las garantías de seguridad de reglamento y con la máxima economía, calculando absolutamente todos y cada uno de los elementos estructurales, sin redundancias ni sobredimensionamientos innecesarios.



ESTRUCTURAS, TECHO DE MADERA PAR Y NUDILLO, CON VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO

  
**Victor Andres Cuba Achañul**  
Ing. CIVIL  
CIP N° 133420

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad".

### Consideraciones al Diseño estructural

#### Diseño de tijerales de madera Metrado de cargas (según la norma E020)

##### METRADO DE CARGAS DE TECHO

MODULO PARA LA INTERVENCIÓN DEL PNVR EN  
EL MARCO DEL PLAN MULTISECTORIAL ANTE  
HELADAS Y FRIAJE

PROYECTO:

CARGAS SOBRE VIGAS DE CONCRETO				
PESO PROPIO ESTRUCTURA				
Pares	2	3.50	0.01	0.035
Tirante	1	3.50	0.01	0.0175
Correas	10	1.20	0.0025	0.03
Mortantes	0	0.00	0.00	0
Diagonales	0	0.00	0.00	0
Peso específico madera			750	KG/M3
Peso por tjejal			61.875	KG
Espaciamento			1.5	m
Carga unitaria			41.25	kg/ml

PESO COBERTURA	
PESO UNITARIO COBERTURA	10.00 KG/M2
PESO ADICIONAL MONTAJE	5.00 KG/M2
PESO ACCESORIOS INSTALACION	2.00 KG/M2
PESO EQUIPOS ADICIONALES Y LUMINARIAS	2.00 KG/M2
CARGA PERMANENTE UNITARIA	19.00 KG/M2
LONGITUD INFLUENCIA	3.50 M
CARGA DISTRIBUIDA UNITARIA	66.50 KG/ML

PESO TOTAL DISTRIBUIDO	
CARGA PERMANENTE UNITARIA TOTAL	87.13 KG/ML
<b>CARGA PERMANENTE UNITARIA TOTAL ASUMIDA</b>	<b>100.00 KG/ML</b>

SOBRE CARGAS	
S/CARGA TECHO COBERTURA LIVIANA (NIEVE)	30.00 KG/M2
LONGITUD VIGA TECHO APOYADA	3.50 M
<b>CARGA PERMANENTE DISTRIBUIDA ASUMIDA</b>	<b>105.00 KG/ML</b>

##### CARGAS SOBRE LAS CORREAS

CARGAS PERMANENTES	
CARGA UNITARIA POR M2 CALCULADA	19.00 KG/M2
LONG INFLUENCIA CORREA	0.90 M
CARGA PERMANENTE DISTRIBUIDA CALCULADA	17.10 KG/ML
CARGA PERMANENTE DISTRIBUIDA ASUMIDA	25.00 KG/ML

SOBRECARGAS DE NIEVE	
CARGA UNITARIA POR M2 REGLAMENTARIA	30.00 KG/M2
LONG INFLUENCIA CORREA	0.90 M
CARGA PERMANENTE DISTRIBUIDA CALCULADA	27.00 KG/ML
CARGA PERMANENTE DISTRIBUIDA ASUMIDA	30.00 KG/ML

CARGAS DE VIENTO	
VELOCIDAD DEL VIENTO A 10 M DE ALTURA (MIN)	110 KMH
ALTURA MEDIA DEL TECHO	4 M
CORRECCION DE LA VELOCIDAD POR ALTURA (VELOCIDAD MINIMA REGLAMENTARIA HASTA 10 M DE ALTURA)	89.92 KMH

COEFICIENTES DE PRESION	
COEFICIENTES PARA CUBIERTAS	
AREA INFLUENCIA CORREAS	0.90
ANGULO MAXIMO DE INCLINACION	22.5°

  
**Víctor Andrés Caba Añahut**  
 Ing. CIVIL  
 CIP N° 133826



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"  
'Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad'.

### Diseño de estructuras de concreto

- Se desarrolla el diseño sismo resistente con las consideraciones indicadas en la norma E-030 del RNE, resumiéndose lo siguiente:
  - Factor de zona: 0.35 (zonas alto andinas se ubican en la zona 3, Norma E030, Anexo II zonificación sísmica)
  - Factor de uso: 1.00 (E 030 Art 15, Tabla N° 5)
  - Período predominante de las estructuras: 0.10 - 0.20 seg
  - Período fundamental del suelo según su tipo: 0.60 seg.
  - Factor suelo: 1.15 (E 030, Art 13)
  - Factor de amplificación sísmica: 2.50 (E 060, Art 14)
  - Factor de ductilidad: 8 (E 030, Art 18.2)
  - Discontinuidad por diafragma (E 030, Art 19,20)
  - Coeficiente sísmico basal: 0.148
- Se considera para el cálculo de las fuerzas basales, además del peso permanente, una sobrecarga de techo 30 kg/m<sup>2</sup> aplicada al 25% (E060, Art 26)
- Elaboración de modelo tridimensional para ejecutar análisis estructural a pórticos, considerando la aplicación de cargas sísmicas según estipula la norma
- Procesamiento de los modelos mediante el programa Etabs
- Diseño de los diversos elementos estructurales.

  
Victor Andres Cueva Astiz  
Ing. CIVIL  
CIP N° 133828

## **ANEXO 8. PLANOS**

**PLANO UBIM:** Topográfico - Ubicación

**PLANO A-01:** Arquitectura adobe -Planta de distribución

**PLANO A-02:** Arquitectura adobe – Cortes

**PLANO E-01:** Estructuras adobe – Cimentaciones

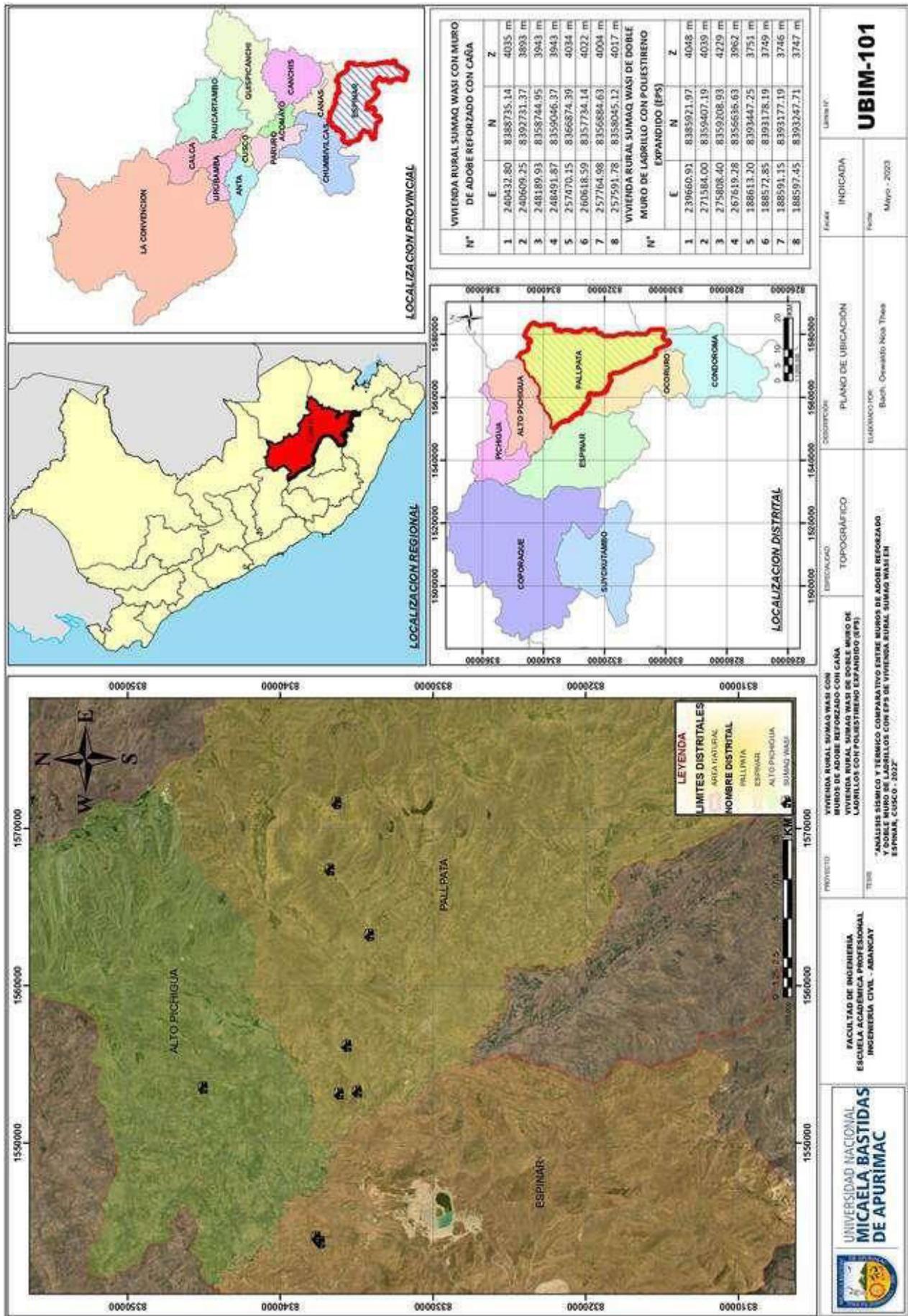
**PLANO E-02:** Estructuras adobe - Detalle de muro de adobe reforzado

**PLANO A-01:** Arquitectura ladrillo – Planta de distribución

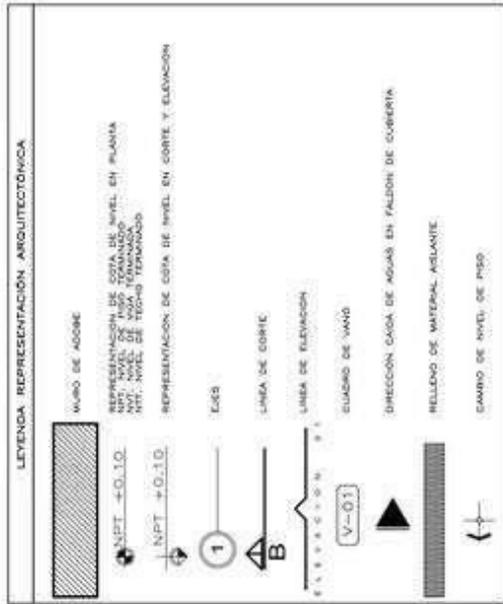
**PLANO A-02:** Arquitectura ladrillo – Cortes

**PLANO E-01:** Estructuras adobe – Detalle de cimentaciones

**PLANO E-02:** Estructuras ladrillo - Detalle de vigas y columnas







**CUADRO DE VANDOS PUERTAS**

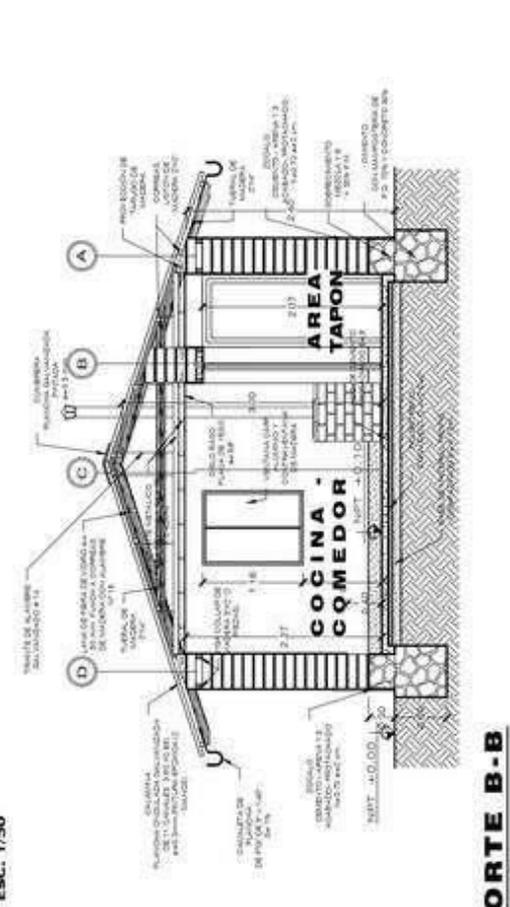
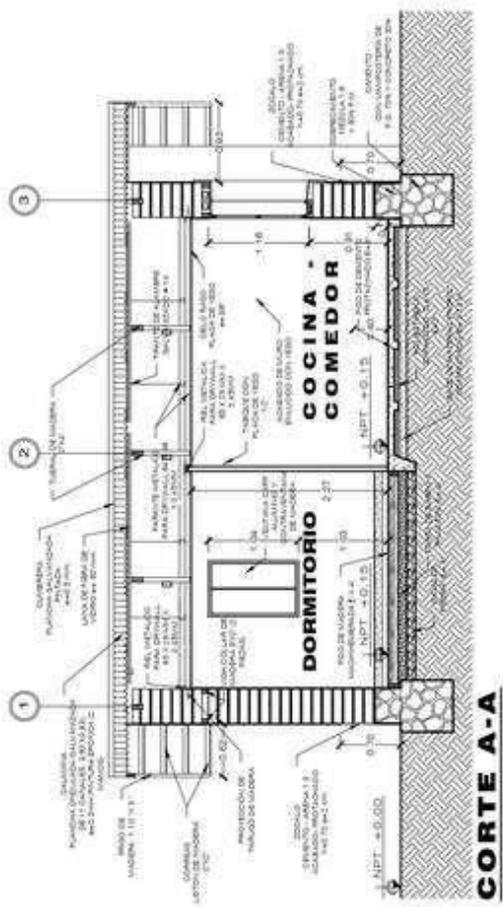
TIPO	ANCHO	ALTO	ALF.	OBSERVACIONES
P-01	0.84	2.07	1	Puerta con contrapunto de aluminio con marco de madera para el interior, empotrada en una viga con un ancho de 4 mm para el interior y madera maciza de 1/2" para el exterior.
P-02	0.84	2.07	1	Puerta contrapunto de madera, bastidor de madera contrapunto con vidrio, de aluminio, acabado con pintura blanca y protección para madera, también tipo aluminio para el exterior.
P-03	0.75	2.05	1	Puerta contrapunto de madera, bastidor de madera contrapunto con vidrio, de aluminio, acabado con pintura blanca y protección para madera, también tipo aluminio para el exterior.

**CUADRO DE VANDOS VENTANAS**

TIPO	ANCHO	ALTO	ALF.	OBSERVACIONES
V-01	0.80	1.03	1/04	Ventana con empotrado de aluminio con marco de madera para el exterior, con empotrado sin tripley aluminio, vidrio simple.
V-02	0.81	1.18	0/01	Ventana con empotrado de aluminio con marco de madera para el exterior, con empotrado sin tripley aluminio, vidrio simple.

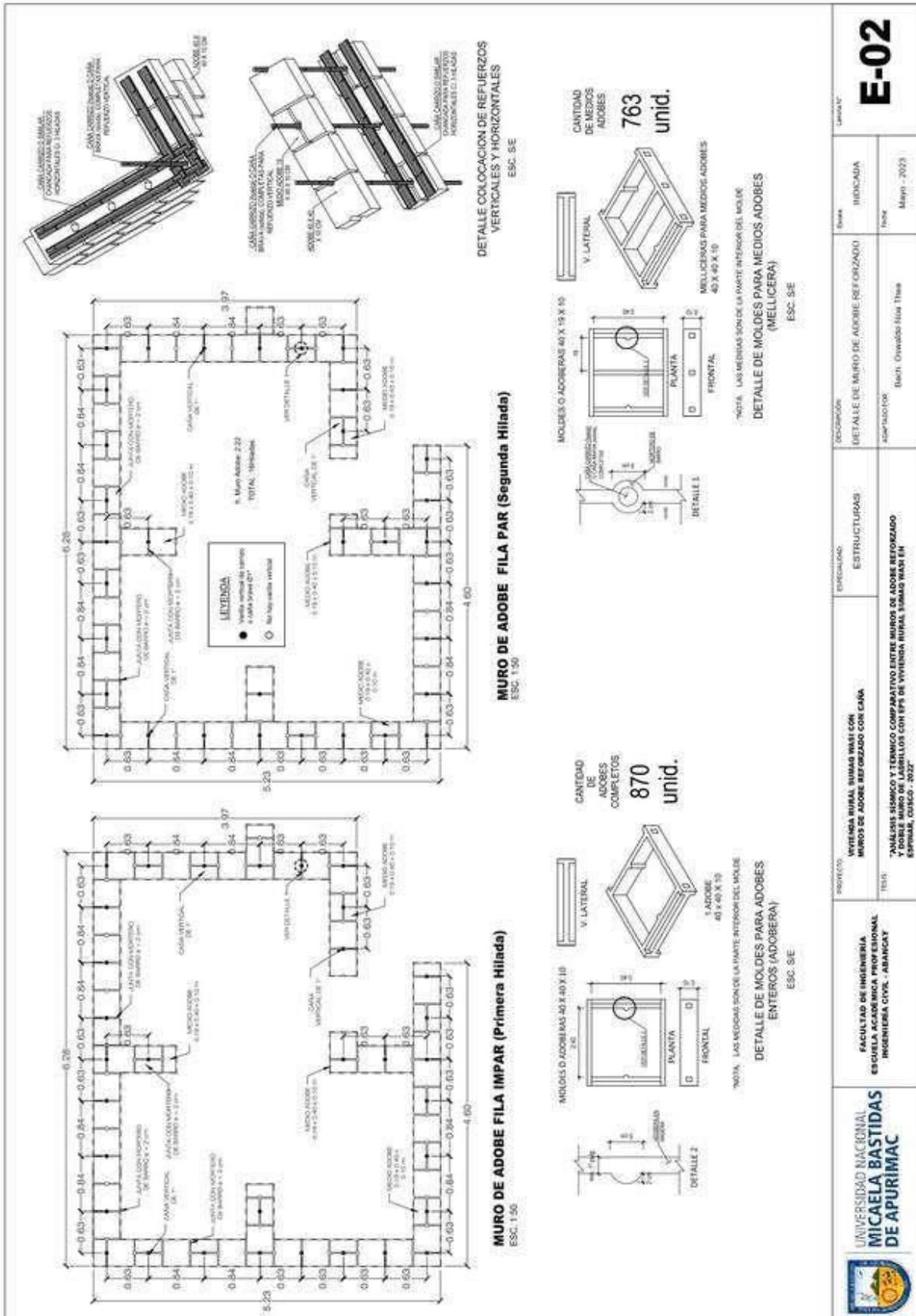
**NOTAS / OBSERVACIONES**

- El muestreo representado en líneas empotradas (cortinas, sillas, mesas, sillas, etc.) deberá ser formulado sobre de la estructura, su ubicación se referenciará por muestreo y se detallará en los planos de detalle.
- Los suelos serán contrapunto con sillas y muestreo de barro, los paramentos verticales serán contrapunto con sillas y muestreo de barro.
- El material aislante utilizado en la cubierta será de poliestireno expandido, con un espesor de 50 mm.
- Los muros de adobe serán con acabado ENCOCO con yeso en el exterior y empujado con yeso en el interior.
- Las paredes serán hasta el nivel de la cubierta y/o estructura de cubierta.
- Excepción: los muros interiores y exteriores que se indican en los planos.
- El piso de madera representado tendrá un contrapunto simple de madera de 2x2".



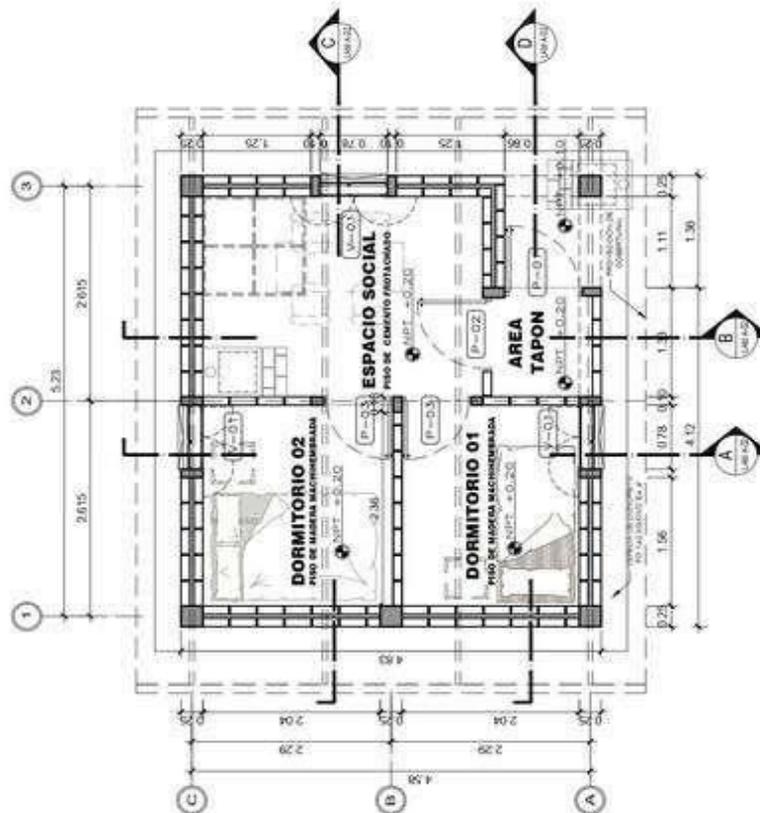
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL <b>MICAELA BASTIDAS</b> DE APURÍMAC</p>	<p>PROYECTO: VIVIENDA RURAL SUMAJO WARI CON MUROS DE ADOSADO REFORZADO CON CAJA</p>	<p>DISEÑO: ARQUITECTURA</p>	<p>DESCRIPCIÓN: CORTES</p>	<p>Autores: Raeli, Oyarce, Hija Tola</p>	<p>Fecha: Mayo, 2023</p>
				<p>TÍTULO: "ANÁLISIS SIMBÓICO Y TÉCNICO COMPARATIVO ENTRE MUROS DE ADOSADO REFORZADO Y DOBLE MURO DE LADRILLOS CON EPS DE VIVIENDA RURAL SUMAJO WARI EN ESPINHA, CUSCO - 2023"</p>	<p>Linea #:</p> <h1>A-02</h1>





	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL - ARIANCAY	PROYECTO VIVIENDA RURAL TUMBO WASH CON MUROS DE ADOBE REFORZADO CON CABA	ESPECIALIDAD ESTRUCTURAS	DESCRIPCIÓN DETALLE DE MURO DE ADOBE REFORZADO	Etapa INDICADA	Criterio E-02
	UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC	TÍTULO "ANÁLISIS SÍSMICO Y TÉCNICO COMPARATIVO ENTRE MUROS DE ADOBE REFORZADO Y SOBRE MURO DE LABRILLOS CON EPS DE VIVIENDA RURAL TUMBO WASH EN ESPUNTA, COSECO - 2022"	APROBADO POR Blachi Oruando Huza Thapa	FECHA Mayo - 2023	Llamada N°	

**VIVIENDA RURAL SUMAQ WASI DE DOBLE MURO DE LADRILLOS CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)**



**PLANTA**  
ESC. 1/50

**LEYENDA REPRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA**

COLUMNA DE CONCRETO

REPRESENTACIÓN DE CORTA EN NIVEL EN PLANTA:  
 NPT: NIVEL DE NIVEL TERMINADO  
 NVT: NIVEL DE VIGA TERMINADA  
 NTO: NIVEL DE TAPÓN TERMINADO

REPRESENTACIÓN DE CORTA EN NIVEL EN CORTA Y ELEVACIÓN

E-01

LINEA DE CORTA

LINEA DE ELEVACIÓN

CUADRO DE VANO

DIRECCION CADA DE AGUAS EN FALDÓN DE CUBIERTA

RELLENO DE MATERIAL AISLANTE

CAMINO DE NIVEL DE PISO

**CUADRO DE VANOS PUERTAS**

TIPO	ABRIR	ALTO	ANCHO	ALF.	OBSERVACIONES
P-01	0.90	2.10	---	---	Replazo de madera laminada en sus bordes con tirador de 4 mm, para el interior y madera maciza de 1,2" para el exterior.
P-02	0.90	2.10	---	---	Puerta fabricada de madera o prefabricada. Garguero tipo puma de acero o bronce.
P-03	0.90	2.10	---	---	Puerta prefabricada de madera o prefabricada. Cerradura tipo puma de acero o bronce.

**CUADRO DE VANOS VENTANAS**

TIPO	ABRIR	ALTO	ANCHO	ALF.	OBSERVACIONES
V-01	0.78	1.08	1.01	1.01	Ventana con alfileres de aluminio con sistema cerrado. Marco de aluminio con vidrios templados con tirador. Ancho: 0.78 m, alto: 1.08 m, espesor: 0.10 m.

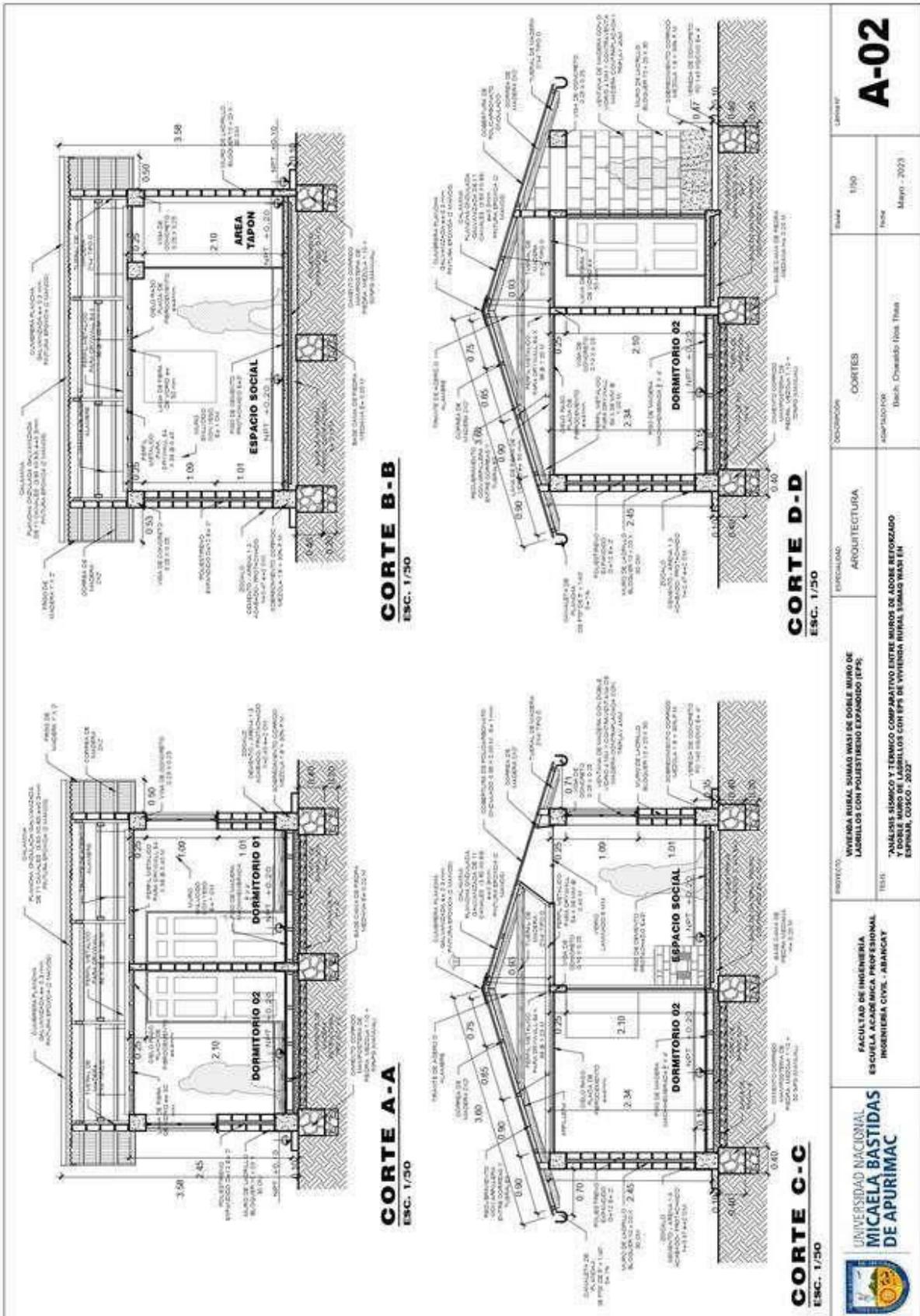
**NOTAS / OBSERVACIONES**

- El material representado en líneas arquitectónicas (columnas, muros, muros, ventanas y demás) en la planta, debe de ser verificado en el proyecto, en relación al material que se utilizará en la obra.
- El material que se utilizará en la obra debe de ser verificado en el proyecto, en relación al material que se utilizará en la obra.
- Las columnas deben de ser verificados en el proyecto, en relación al material que se utilizará en la obra.
- Las muros deben de ser verificados en el proyecto, en relación al material que se utilizará en la obra.
- Las ventanas deben de ser verificados en el proyecto, en relación al material que se utilizará en la obra.
- Las puertas deben de ser verificados en el proyecto, en relación al material que se utilizará en la obra.
- Las cubiertas deben de ser verificados en el proyecto, en relación al material que se utilizará en la obra.

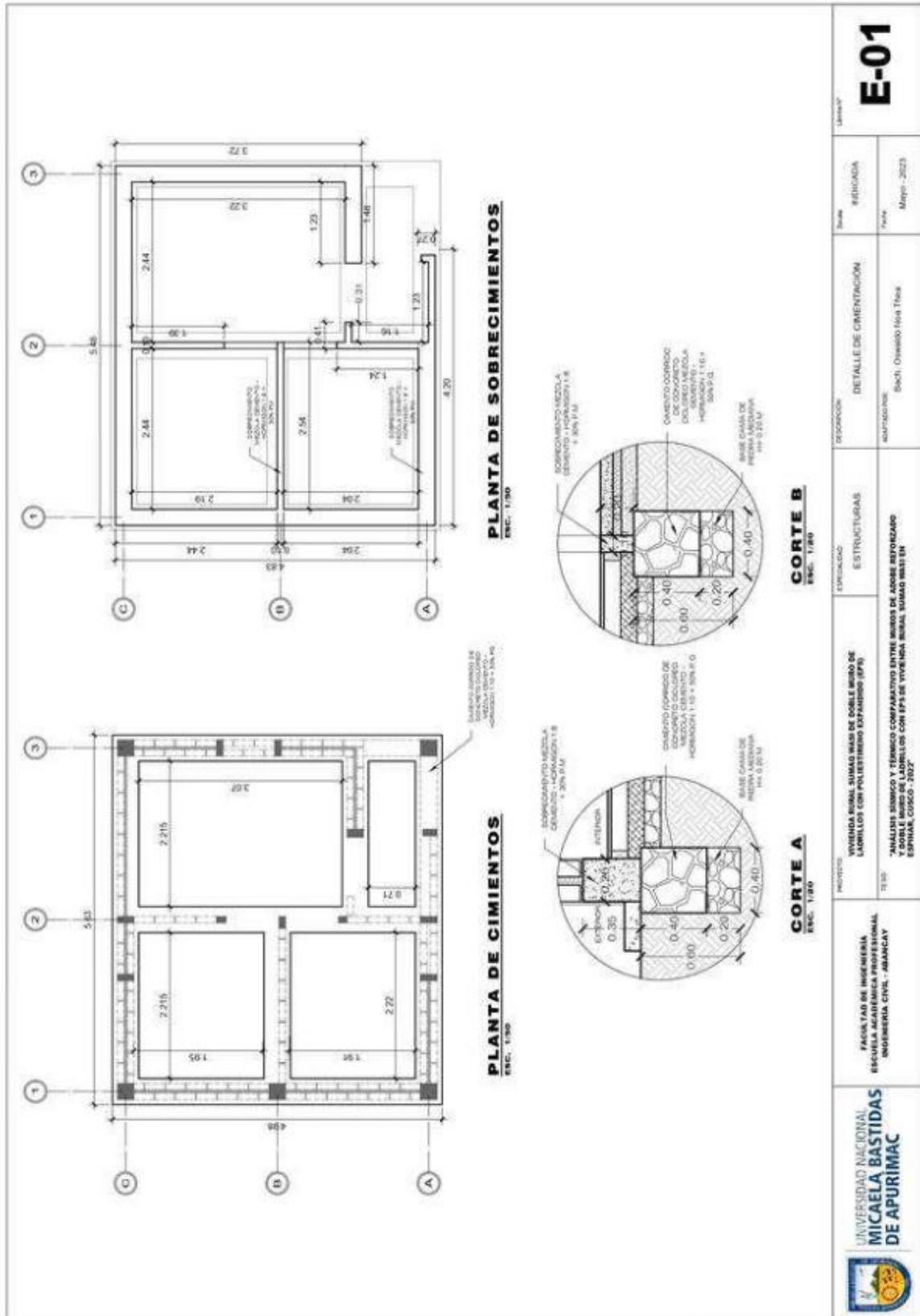
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - IANACV INGENIERÍA CIVIL - IANACV</p>	<p>PROYECTO: VIVIENDA RURAL SUMAQ WASI DE DOBLE MURO DE LADRILLOS CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)</p>	<p>DISCIPLINA: ARQUITECTURA</p>	<p>SOCIEDAD: PLANTA DE DISTRIBUCIÓN</p>	<p>FECHA: 11/50</p>	<p>UNIVERSIDAD: UNAMBA</p>
	<p>INGENIERO: ANÁLISIS SISMICO Y TECNICO COMPARATIVO ENTRE MUROS DE ADOBE REFORZADO Y DOBLE MURO DE LADRILLOS CON EPS DE VIVIENDA RURAL SUMAQ WASI EN ESPANA, 05/2020 - 2022</p>	<p>ESTADISTA: Mauricio Chaves (Mauricio Chaves)</p>	<p>ESTADISTA: Mauricio Chaves (Mauricio Chaves)</p>	<p>ESTADISTA: Mauricio Chaves (Mauricio Chaves)</p>	<p>ESTADISTA: Mauricio Chaves (Mauricio Chaves)</p>	<p>ESTADISTA: Mauricio Chaves (Mauricio Chaves)</p>

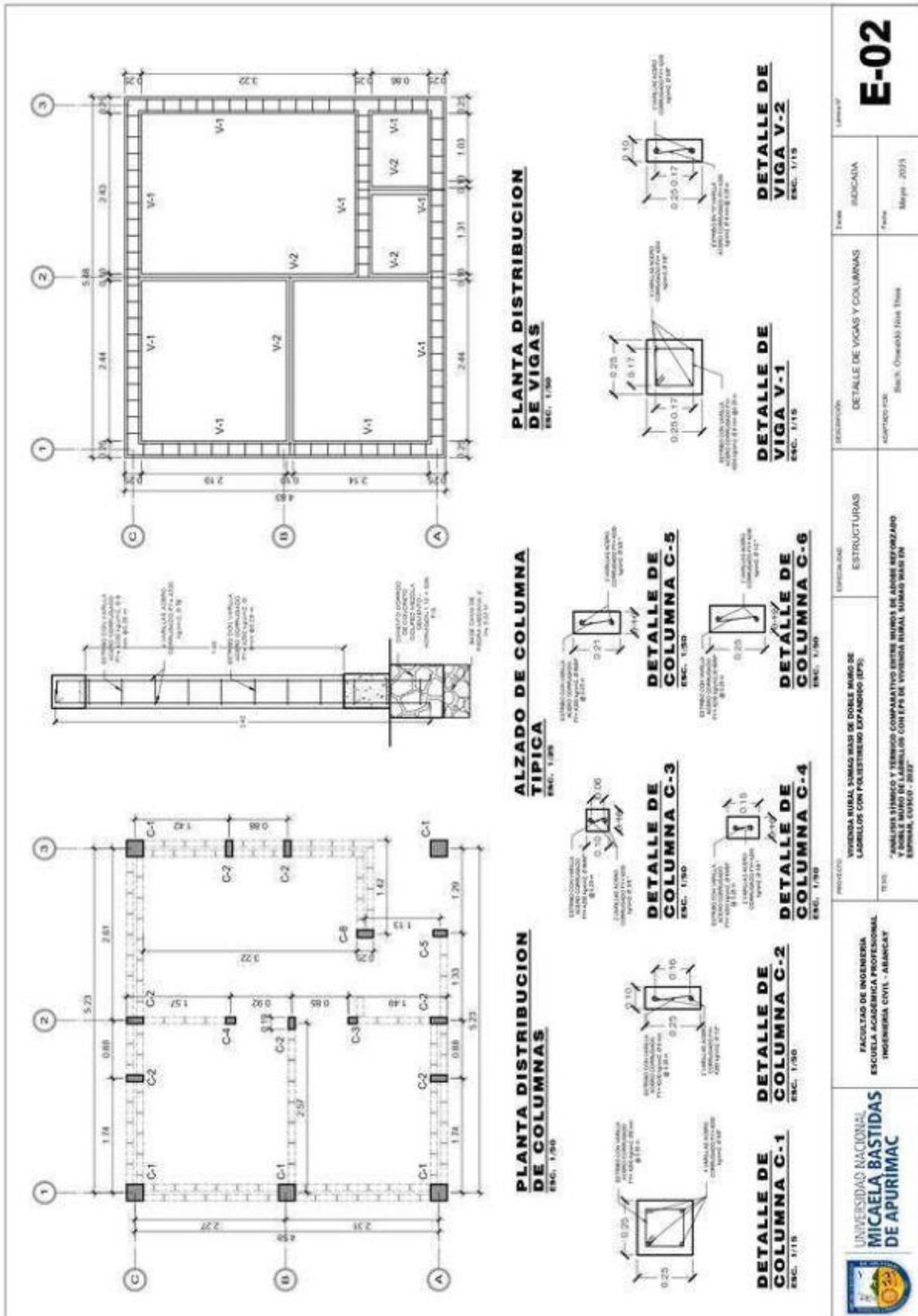
**A-01**





 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL <b>MICAELA BASTIDAS</b> DE APURÍMAC</p>	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL - ABHICAT		PROYECTO: VIVIENDA RURAL SUMAG WASI DE DOBLE MURO DE LADRILLOS CON POLISTIRENO ESPUMADO (EPS);		ESPECIALIDAD: ARQUITECTURA		SOCIOCIÓN: COORTES		Fecha: 11/05	Límite IV	<h1 style="font-size: 2em;">A-02</h1>
	TÍTULO: "ANÁLISIS SÍSMICO Y TÉCNICO COMPARATIVO ENTRE MUROS DE ADOSÉ REFORZADO Y DOBLE MURO DE LADRILLOS CON EPS DE VIVIENDA RURAL SUMAG WASI EN ESPINAR, COBACO - 2022"		AUTOR: Blas Chacabarro Hualpa		ASESORADOR: Blas Chacabarro Hualpa		TÍTULO: May 2023		Fecha: May 2023		





<p>UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERIA ESUELA AGADAMICA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL - AMANCAY</p>	<p>PROYECTO VIGAS RIGIDAS ARMADAS MAS DE DOBLE MUNDO DE LAPSOLOS CON POLISTIRENO ESPANDIDO (EPS)</p>	<p>ESTRUCTURAS</p>	<p>DESCRIPCION DETALLE DE VIGAS Y COLUMNAS</p>	<p>FECHA MARZO - 2021</p>	<p>INDICACION E-02</p>
	<p>TITULO ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DISEÑO COMPARATIVO ENTRE MUROS DE ADOSADO REFORZADO CON FIBRA DE CARBONO Y CON FIBRA DE VIDRIO RIGAL USANDO MAS DE</p>	<p>INTEGRADO POR Ing. Oscar Vallejos</p>	<p>ELABORADO POR Ing. Oscar Vallejos</p>	<p>REVISADO POR Ing. Oscar Vallejos</p>	<p>APROBADO POR Ing. Oscar Vallejos</p>	<p>FECHA MARZO - 2021</p>

**ANEXO 9. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Tabla 32 — Matriz de consistencia de Tesis “Análisis sísmico y térmico comparativo entre muros de adobe reforzado y doble muro de ladrillos con EPS de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar, Cusco – 2022”**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es el comportamiento sísmico y térmico comparativo entre muros de adobe reforzado y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar - Cusco, 2022?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Analizar y comparar el comportamiento sísmico y térmico entre muros de adobe reforzado y doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) de vivienda rural Sumaq Wasi en Espinar – Cusco, 2022</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento sísmico y ambos módulos habitacionales en comportamiento térmico no superan los 14 °C</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña</li> <li>• Vivienda rural Sumaq Wasi con doble muro de ladrillo con poliestireno expandido (EPS)</li> </ul>	<p>Componente estructural y arquitectónico</p> <p>Componente estructural y arquitectónico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de muros de adobe reforzado con caña.</li> <li>• Tipo de falla de la estructura.</li> <li>• Cobertura o techo</li> <li>• Ventana cenital</li> <li>• Aislamiento térmico en piso, techo, puertas y ventanas.</li> <li>• Sistema porticado</li> <li>• Tipo de falla de la estructura</li> <li>• Cobertura o techo</li> <li>• Ventana cenital</li> <li>• Aislamiento térmico en piso, techo, puertas y ventanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Celular</li> <li>• GPS Manual</li> <li>• Expediente técnico</li> <li>• Celular</li> <li>• GPS Manual</li> <li>• Expediente técnico</li> </ul>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿Cuál es el comportamiento sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña en Espinar – Cusco, 2022?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Determinar el comportamiento sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña en Espinar – Cusco, 2022</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>Vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña tiene menor desempeño en su comportamiento sísmico</p>				

<p>¿Cuál es el comportamiento térmico de vivienda rural Sumaq Wasi con muros de adobe reforzado con caña en Espinar – Cusco, 2022?</p>	<p>Diagnosticar el comportamiento térmico de vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña en Espinar – Cusco, 2022</p>	<p>Vivienda rural Sumaq Wasi con muro de adobe reforzado con caña tiene un comportamiento térmico que no supera los 14 °C de sensación térmica</p>	<p><b><u>Variable independiente</u></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis sísmico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desempeño sísmico</li> <li>• Completamente operativo.</li> <li>• Operativo</li> <li>• Resguardo de vida</li> <li>• Cerca al colapso</li> <li>• Colapso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa computacional ETABS 20.3 versión prueba estudiantil.</li> <li>• Laptop</li> <li>• Memorias de cálculo del expediente técnico</li> </ul>
<p>¿Cuál es el comportamiento sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) en Espinar – Cusco, 2022?</p>	<p>Determinar el comportamiento sísmico de vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) en Espinar – Cusco 2022.</p>	<p>Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene mayor desempeño en su comportamiento sísmico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis térmico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensación térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superior de 14 °C</li> <li>• Inferior de 14 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termohigrómetro datalogger</li> </ul>
<p>¿Cuál es el comportamiento térmico de vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) en Espinar – Cusco, 2022?</p>	<p>Diagnosticar el comportamiento térmico de vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) en Espinar – Cusco 2022.</p>	<p>Vivienda rural Sumaq Wasi de doble muro de ladrillos con poliestireno expandido (EPS) tiene un comportamiento térmico que no supera los 14° C de sensación térmica.</p>				