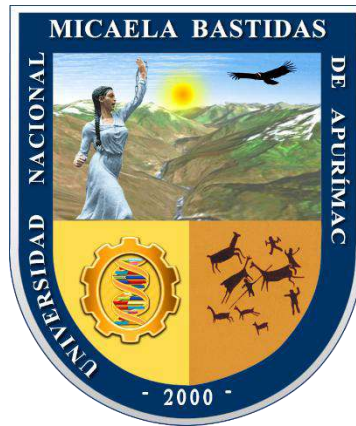


**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurímac, 2024

Presentado por:

Elvis Frich Huaraca Merino

Para optar el título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurímac, 2024**

Presentado por **Elvis Frich Huaraca Merino**, para optar el título de Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 10 de diciembre del 2025, ante el jurado evaluador:


**Presidente:**

  
\_\_\_\_\_  
*Dr. James Velazque Rojas*

**Primer miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Fanny Silya Noriega*

**Segundo miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Dr. Edwar Ilasaca Cahuata*

**Asesor:**

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

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 289-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis en formato de artículo científico intitulada: **“Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurímac, 2024”**, presentada por el Bach. **Elvis Frich Huaraca Merino**, para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (23%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 01 de diciembre del 2025

Atentamente,  
  
  
**Dr. Hesterilda Flores Enriquez**  
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.  
Archivo  
REG. N° 979

## **Agradecimiento**

*Agradezco a Dios por la fortaleza y bendiciones recibidas durante mi formación profesional.*

*Expreso mi profundo agradecimiento a mis padres por su apoyo incondicional y amor constante, fundamentales para la culminación de este trabajo.*

*A mis hermanos, Fredy y Kevin, les agradezco por su respaldo y ejemplo de superación familiar.*

*De manera especial, agradezco a mi tío Jaime y a mi abuelita Juana, cuyo apoyo y enseñanzas fueron pilares esenciales para la realización de esta investigación.*

*Finalmente, agradezco a los docentes, mentores y autores por sus valiosos aportes a mi formación profesional y al desarrollo del presente estudio.*

**Elvis Frich Huaraca Merino**



## **Dedicatoria**

*A mi madre Felicitas Merino Sullcapuma y a mi padre Basilio Huaraca Merino por su inmenso apoyo, paciencia y fortaleza en este camino de mi formación profesional.*

*A mis familiares, docentes y amigos por su apoyo ejemplar y sus palabras sabias para la culminación de este proyecto de investigación.*

**Elvis Frich Huaraca Merino**



Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurímac, 2024

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>RESUMEN</b>	2
<b>ABSTRACT</b>	3
<b>CAPÍTULO I</b>	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	6
1.2.1 Problema general	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.2.3 Justificación de la investigación	6
1.2.3.1 Justificación metodológica	7
1.2.3.2 Justificación teórica	7
1.2.3.3 Justificación práctica	7
1.2.3.4 Justificación social	8
1.2.3.5 Justificación investigativa	8
<b>CAPÍTULO II</b>	9
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b>	9
2.1 Objetivos de la investigación	9
2.2.1 Objetivo general	9
2.2.2 Objetivos específicos	9
2.2 Hipótesis de la investigación	10
2.2.3 Hipótesis general	10
2.2.4 Hipótesis específicas	10
2.3 Operacionalización de variables	10
2.3.1 Variable independiente	10
2.3.2 Variable dependiente	10
<b>CAPÍTULO III</b>	12
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	12
3.1 Antecedentes	12
3.1.1 Antecedentes internacionales	12
3.1.2 Antecedentes nacionales	14
3.1.3 Antecedentes locales	18
3.2 Marco teórico	20
	1



3.2.1 Sistema pórtico armado y albañilería	20
3.2.1.1 Sistemas estructurales	20
3.2.1.2 Pórtico de concreto armado	20
3.2.1.3 Albañilería por bloques de concreto	20
3.2.1.4 Albañilería por bloques de concreto	21
3.2.1.5 Resistencia de las prismas de albañilería según la norma E.070	38
3.2.1.6 Verificación del diseño sísmico de muros según la norma E.070	40
3.2.2 Comportamiento estructural	44
3.2.2.1 Análisis estructural	44
3.2.2.2 Validación estructural	48
3.1 Marco conceptual	49
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>51</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>51</b>
4.1 Tipo y nivel de investigación	51
4.1.1 Tipo de investigación	51
4.1.2 Nivel de investigación	51
4.2 Diseño de la investigación	52
4.3 Descripción ética de la investigación	52
4.4 Población y muestra	52
4.4.1 Población	52
4.4.2 Muestra	53
4.5 Procedimiento	53
4.6 Técnica e instrumentos	54
4.6.1 Técnicas	54
4.6.1.1 Revisión documental	54
4.6.1.2 Simulación estructural computarizada	54
4.6.2 Instrumentos	55
4.6.2.1 Ficha de registro	55
4.6.2.2 Software de modelamiento	55
4.7 Análisis estadístico	57
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>58</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>58</b>
5.1 Análisis de resultados	58
5.1.1 Determinar las propiedades mecánicas de resistencia a compresión de la unidad ( $f^b$ ), de las pilas ( $f^m$ ), módulo de elasticidad de pilas ( $E_m$ ) y resistencia compresión diagonal de los muretes ( $V^m$ ) de albañilería construidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, 2024.	58

5.1.2	Determinar el modelamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024.	77
5.1.2.1	Descripción	77
5.1.2.2	Normativa empleada	77
5.1.2.3	Especificaciones técnicas	77
5.1.2.4	Configuración estructural	78
5.1.2.4.1	Sistema estructural del proyecto	78
5.1.2.5	Configuración estructural	78
5.1.2.5.1	Materiales	78
5.1.2.5.2	Secciones	80
5.1.2.5.3	Geometría, cargas y restricciones	80
5.1.2.6	Configuración estructural	81
5.1.2.6.1	Parámetros sísmicos	81
5.1.2.6.2	Periodo fundamental de vibración	83
5.1.2.6.3	Análisis sísmico estático	83
5.1.2.6.4	Análisis sísmico dinámico modal espectral	85
5.1.2.6.5	Fuerza cortante dinámica en la base	87
5.1.3	Verificar el sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles en la ciudad de Abancay, Apurímac, considerando el diseño sísmico de los muros portantes de acuerdo con las disposiciones establecidas en la Norma Técnica E.070 Albañilería.	88
5.1.3.1	Revisión de irregularidades	88
5.1.3.1.1	Irregularidad en altura	88
5.1.3.1.2	Irregularidad en planta	90
5.1.3.2	Revisión de derivas	92
5.1.3.3	Revisión de excentricidad accidental	93
5.1.3.4	Diseño sísmico de muros de albañilería	94
5.1.3.4.1	Verificación de cargas gravitacionales	95
5.1.3.4.2	Verificación de cargas gravitacionales	96
5.1.3.4.3	Verificación de cargas gravitacionales	98
5.1.3.4.4	Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros	100
5.1.3.4.5	Verificación de la densidad de muros reforzados	101
5.2	Contrastación de hipótesis	102
5.2.1	Hipótesis general	102
5.2.2	Hipótesis específica 01	104
5.2.3	Hipótesis específica 02	108
5.2.4	Hipótesis específica 03	111
5.3	Discusión	115

5.3.1	Respecto a las propiedades mecánicas de resistencia a compresión de la unidad ( $f^b$ ), de las pilas ( $f^m$ ), módulo de elasticidad de pilas ( $E_m$ ) y resistencia compresión diagonal de los muretes ( $V^m$ ) de albañilería construidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, 2024.	115
5.3.2	Respecto al modelamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024.	116
5.3.3	Respecto a la verificación del sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles en la ciudad de Abancay, Apurímac, considerando el diseño sísmico de los muros portantes de acuerdo con las disposiciones establecidas en la Norma Técnica E.070 Albañilería.	117
	<b>CAPÍTULO VI</b>	118
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	118
6.1	Conclusiones	118
6.2	Recomendaciones	120
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	121
	<b>ANEXOS</b>	124



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> — Operacionalización de variables	11
<b>Tabla 2</b> — Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	21
<b>Tabla 3</b> — Características técnicas	22
<b>Tabla 4</b> — Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez	24
<b>Tabla 5</b> — Métodos para determinar $f'm$ y $v'm$	38
<b>Tabla 6</b> — Resistencias características de la albañilería $Mpa(kg/cm^2)$	39
<b>Tabla 7</b> — Parámetros de distorsión	49
<b>Tabla 8</b> — Juicio de expertos	56
<b>Tabla 9</b> — Resultado del ensayo a compresión axial en unidades de bloques de concreto	60
<b>Tabla 10</b> — Resumen de resultados de bloques de concreto	61
<b>Tabla 11</b> — Resistencia a compresión axial en pilas de bloques de concreto sin tarrajeo	62
<b>Tabla 12</b> — Resistencia a compresión axial en pilas de bloques de concreto con tarrajeo	64
<b>Tabla 13</b> — Resumen de ensayos a compresión axial en pilas	66
<b>Tabla 14</b> — Pilas de bloques de concreto sin tarrajeo, módulo de elasticidad	67
<b>Tabla 15</b> — Pilas de bloques de concreto con tarrajeo, módulo de elasticidad	68
<b>Tabla 16</b> — Resumen de resultados, módulo de elasticidad en pilas	68
<b>Tabla 17</b> — Resistencia a compresión diagonal de muretes sin tarrajeo	69
<b>Tabla 18</b> — Resistencia a compresión diagonal de muretes con tarrajeo	70
<b>Tabla 19</b> — Resumen de resistencia a compresión diagonal en muretes	71
<b>Tabla 20</b> — Módulo de corte en muretes sin tarrajeo	74
<b>Tabla 21</b> — Módulo de corte en muretes con tarrajeo	75
<b>Tabla 22</b> — Resumen del módulo de corte en muretes	75
<b>Tabla 23</b> — Resumen del ensayo de prismas sin tarrajeo	76
<b>Tabla 24</b> — Parámetros sísmicos	82
<b>Tabla 25</b> — Irregularidades	82
<b>Tabla 26</b> — Resumen de irregularidades	82
<b>Tabla 27</b> — Coeficiente de reducción de las fuerzas	82
<b>Tabla 28</b> — Periodo fundamental de la estructura	83
<b>Tabla 29</b> — Fuerza cortante basal X-X	84
<b>Tabla 30</b> — Fuerza cortante basal Y-Y	84
<b>Tabla 31</b> — Verificación de la fuerza cortante mínima en la base	87
<b>Tabla 32</b> — Cortante sísmico basal en la dirección X e Y	87



<b>Tabla 33</b> — Piso blando X-X	88
<b>Tabla 34</b> — Piso blando Y-Y	88
<b>Tabla 35</b> — Piso débil X-X	89
<b>Tabla 36</b> — Piso débil Y-Y	89
<b>Tabla 37</b> — Irregularidad de masa o peso	90
<b>Tabla 38</b> — Geometría vertical	90
<b>Tabla 39</b> — Torsional X-X	91
<b>Tabla 40</b> — Torsional Y-Y	91
<b>Tabla 41</b> — Esquina entrante	92
<b>Tabla 42</b> — Discontinuidad de diafragma	92
<b>Tabla 43</b> — Concreto armado	93
<b>Tabla 44</b> — Albañilería	93
<b>Tabla 45</b> — Excentricidad X-X	94
<b>Tabla 46</b> — Excentricidad Y-Y	94
<b>Tabla 47</b> — Propiedades geométricas y mecánicas de muros	95
<b>Tabla 48</b> — Verificación de esfuerzo axial máximo	96
<b>Tabla 49</b> — Fuerzas para el diseño sísmico de muros de albañilería	98
<b>Tabla 50</b> — Verificación de fisuración	98
<b>Tabla 51</b> — Resistencia global al corte	99
<b>Tabla 52</b> — Verificación de agrietamiento diagonal en los entre pisos superiores	100
<b>Tabla 53</b> — Acero de refuerzo PejeA	101
<b>Tabla 54</b> — Acero de refuerzo PejeB	101
<b>Tabla 55</b> — Densidad de muros	102
<b>Tabla 56</b> — Matriz de consistencia	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> — Unidad de bloque de concreto	22
<b>Figura 2</b> — Pilas de bloques de concreto	24
<b>Figura 3</b> — Humedecimiento de los bloques de concreto	25
<b>Figura 4</b> — Control de verticalidad y nivel	25
<b>Figura 5</b> — Verificación del espesor óptimo en juntas de mortero	26
<b>Figura 6</b> — Control de uniformidad en pilas de concreto	26
<b>Figura 7</b> — Tarrajeo de cinco pilas de bloques de concreto	27
<b>Figura 8</b> — Instrumentación de pilas	28
<b>Figura 9</b> — Pilas sin tarrajeo P-01 y PL-03, post ensayo	30
<b>Figura 10</b> — Pilas con tarrajeo PL – B, PL – C y PL – E, post ensayo	30
<b>Figura 11</b> — Muretes de bloques de concreto	31
<b>Figura 12</b> — Construcción de muretes de bloques de concreto	32
<b>Figura 13</b> — Control de calidad y precisión en la construcción de muretes	33
<b>Figura 14</b> — Tarrajeo en muretes de bloques de concreto	33
<b>Figura 15</b> — Instrumentación del murete	34
<b>Figura 16</b> — Formas de falla de los muretes M – 01, M – 02 y M - 03	37
<b>Figura 17</b> — Formas de falla de los muretes M – 04 y M - 05	37
<b>Figura 18</b> — Formas de falla de los muretes con tarrajeo	38
<b>Figura 19</b> — Procedimiento de fuerza lateral equivalente	44
<b>Figura 20</b> — Esquema del análisis estático o fuerzas estáticas equivalentes	46
<b>Figura 21</b> — Diagrama de esfuerzo deformación	46
<b>Figura 22</b> — Flujograma del procediendo de la investigación	54
<b>Figura 23</b> — Ensayo de bloque de concreto U - 02	61
<b>Figura 24</b> — Ensayo de bloque de concreto U – 04	61
<b>Figura 25</b> — Ensayo de bloque de concreto U - 05	61
<b>Figura 26</b> — Instrumentación de las pilas	63
<b>Figura 27</b> — Ensayo de las pilas PL-01, PL-02, PL-03	63
<b>Figura 28</b> — Ensayo de pilas con tarrajeo PL-A y PL-B	65
<b>Figura 29</b> — Ensayo de pilas con tarrajeo PL-C y PL-D	65
<b>Figura 30</b> — Ensayo de muretes sin tarrajeo M-01, M-02 y M-05	69
<b>Figura 31</b> — Ensayo de muretes con tarrajeo M-A, M-B y M-C	70
<b>Figura 32</b> — Ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes	71

<b>Figura 33</b> — Comparación de resultados en unidades de bloques de concreto	72
<b>Figura 34</b> — Comparación de resultados en pilas de bloques de concreto	72
<b>Figura 35</b> — Comparación de resultados de muretes de bloques de concreto	73
<b>Figura 36</b> — Planta típica de la estructura	78
<b>Figura 37</b> — Propiedades del concreto	79
<b>Figura 38</b> — Propiedades de la albañilería	79
<b>Figura 39</b> — Modelo tridimensional 5 niveles	81
<b>Figura 40</b> — Patrón de carga para sismo estático en la dirección X	84
<b>Figura 41</b> — Patrón de carga para sismo estático en la dirección Y	85
<b>Figura 42</b> — Espectro de pseudo aceleraciones en X	86
<b>Figura 43</b> — Espectro de pseudo aceleraciones en Y	86
<b>Figura 44</b> — Etiqueta de pier label	94
<b>Figura 45</b> — Adquisición de bloques de concreto de planta	128
<b>Figura 46</b> — Transporte de materiales al laboratorio de ingeniería civil	128
<b>Figura 47</b> — Construcción de prismas de albañilería	128
<b>Figura 48</b> — Portada del ensayo de laboratorio	129
<b>Figura 49</b> — Índice del ensayo de laboratorio	130
<b>Figura 50</b> — Página 01 del ensayo de laboratorio	131
<b>Figura 51</b> — Página 02 del ensayo de laboratorio	132
<b>Figura 52</b> — Página 03 del ensayo de laboratorio	133
<b>Figura 53</b> — Página 04 del ensayo de laboratorio	134
<b>Figura 54</b> — Página 05 del ensayo de laboratorio	135
<b>Figura 55</b> — Página 06 del ensayo de laboratorio	136
<b>Figura 56</b> — Página 07 del ensayo de laboratorio	137
<b>Figura 57</b> — Página 08 del ensayo de laboratorio	138
<b>Figura 58</b> — Página 09 del ensayo de laboratorio	139
<b>Figura 59</b> — Página 10 del ensayo de laboratorio	140
<b>Figura 60</b> — Página 11 del ensayo de laboratorio	141
<b>Figura 61</b> — Página 12 del ensayo de laboratorio	142
<b>Figura 62</b> — Página 13 del ensayo de laboratorio	143
<b>Figura 63</b> — Página 14 del ensayo de laboratorio	144
<b>Figura 64</b> — Página 15 del ensayo de laboratorio	145
<b>Figura 65</b> — Página 16 del ensayo de laboratorio	146
<b>Figura 66</b> — Página 17 del ensayo de laboratorio	147
<b>Figura 67</b> — Página 18 del ensayo de laboratorio	148
<b>Figura 68</b> — Página 01 del plano	149
<b>Figura 69</b> — Página 02 del plano	150
<b>Figura 70</b> — Página 03 del plano	151

<b>Figura 71</b> — Página 04 del plano	152
<b>Figura 72</b> — Página 05 del plano	153
<b>Figura 73</b> — Página 06 del plano	154
<b>Figura 74</b> — Página 07 del plano	155
<b>Figura 75</b> — Valores críticos de la distribución t de student	156
<b>Figura 76</b> — Ficha de registro de la unidad de albañilería	157
<b>Figura 77</b> — Ficha de registro para pilas de albañilería	158
<b>Figura 78</b> — Ficha de registro para muretes de albañilería	159

## INTRODUCCIÓN

La ingeniería estructural experimentó un notable crecimiento en los últimos años, especialmente en la comprensión y mejora del comportamiento sísmico de edificaciones de varios niveles. La expansión urbana en zonas sísmicas evidenció que la investigación del comportamiento estructural fue fundamental para asegurar la seguridad y resistencia de las construcciones frente a posibles eventos sísmicos.

En el Perú, la normativa de construcción se enfocó en garantizar la seguridad y estabilidad de las edificaciones debido al alto riesgo sísmico existente. El Reglamento Nacional de Edificaciones estableció normas técnicas específicas, como la E.070 para albañilería y la E.060 para concreto armado, las cuales se rigieron por la Norma E.030 Sismorresistente. En la ciudad de Abancay, región Apurímac, se utilizaron comúnmente sistemas estructurales de pórticos armados y albañilería confinada, siendo habitual la combinación de ambos. El análisis de dicha combinación resultó crucial para evaluar su resistencia frente a fuerzas sísmicas e identificar oportunidades de mejora en su diseño y proceso constructivo.

La investigación tuvo como objetivo principal analizar el comportamiento estructural de la combinación del sistema de pórticos armados y albañilería confinada conformada por bloques de concreto. A través de la obtención de las propiedades mecánicas de los prismas de albañilería, el modelamiento estructural y la verificación de los elementos estructurales, se buscó desarrollar soluciones más seguras y eficientes para la construcción de edificaciones en zonas sísmicas, reduciendo el riesgo de daños y pérdidas ante la ocurrencia de un sismo, y garantizando la seguridad de las personas y de las estructuras.



## RESUMEN

La presente investigación analizó el comportamiento estructural del sistema de pórtico armado y de la albañilería construida con bloques de concreto en edificaciones de cinco niveles ubicadas en la ciudad de Abancay, región Apurímac. El objetivo principal fue evaluar el desempeño de ambos sistemas estructurales conforme a los criterios establecidos por la normativa peruana vigente. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con nivel explicativo y diseño no experimental. Se realizaron ensayos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas de las unidades, pilas y muretes de albañilería, de acuerdo con la Norma Técnica E.070; posteriormente, se efectuó el modelamiento estructural mediante el software ETABS 2018, con la finalidad de simular el comportamiento sísmico de la edificación.

La población estuvo conformada por edificaciones de cinco niveles, seleccionándose como muestra un inmueble ubicado en la Av. Juan Pablo Castro S/N. Los resultados evidenciaron que los bloques de concreto presentaron valores significativamente inferiores a los mínimos exigidos por la normativa, alcanzando únicamente el 28.02 % de la resistencia en unidades, el 23.77 % en pilas, el 6.44 % del módulo de elasticidad y el 34.77 % en resistencia diagonal, lo que confirmó que no fueron aptos para su uso en muros portantes. En el análisis estructural, tanto el sistema de pórtico armado como la albañilería cumplieron con los límites de deriva establecidos por la Norma Técnica E.030; sin embargo, la verificación global evidenció que la albañilería no satisfizo los requisitos de resistencia axial ni la densidad mínima de muros, presentando fisuramiento, agrietamiento y una baja capacidad portante.

Se concluyó que, si bien el sistema estructural analizado proporcionó rigidez y estabilidad general a la edificación, el desempeño sísmico de la albañilería resultó deficiente debido a la baja calidad de los bloques de concreto. En consecuencia, su uso en edificaciones de varios niveles debió considerarse con restricciones. Finalmente, se recomendó mejorar los procesos de fabricación y control de calidad de los bloques, incorporar refuerzos horizontales y optimizar el diseño en los Piers A y B, con el propósito de reducir la vulnerabilidad sísmica y garantizar un comportamiento estructural seguro.

**Palabras clave:** *Albañilería confinada, bloques de concreto, comportamiento estructural, pórtico armado.*



## ABSTRACT

This research analyzed the structural behavior of reinforced concrete frame systems and masonry constructed with concrete blocks in five-story buildings located in the city of Abancay, Apurímac region. The main objective was to evaluate the performance of both structural systems in accordance with the criteria established by current Peruvian building codes. The methodology adopted was applied research, with an explanatory level and a non-experimental design. Laboratory tests were conducted to determine the mechanical properties of masonry units, prisms, and wallets, following the provisions of Technical Standard E.070. Subsequently, structural modeling was performed using ETABS 2018 software to simulate the seismic behavior of the building.

The population consisted of five-story buildings, and the sample corresponded to a building located on Juan Pablo Castro Avenue S/N. The results showed that the concrete blocks exhibited values significantly below the minimum requirements established by the regulations, reaching only 28.02% of the unit strength, 23.77% in prisms, 6.44% of the modulus of elasticity, and 34.77% in diagonal shear strength, confirming their inadequacy for use in load-bearing walls. Structural analysis indicated that both the reinforced concrete frame system and the masonry system complied with the drift limits specified in Technical Standard E.030. However, the global verification revealed that the masonry system did not meet the axial resistance requirements or the minimum wall density, presenting cracking, fissuring, and low load-bearing capacity.

It was concluded that, although the analyzed structural system provided overall stiffness and stability to the building, the seismic performance of the masonry was deficient due to the low quality of the concrete blocks. Therefore, their use in multi-story buildings should be considered with restrictions. Finally, it is recommended to improve manufacturing processes and quality control of concrete blocks, incorporate horizontal reinforcement, and optimize the design of Piers A and B in order to reduce seismic vulnerability and ensure safe structural performance.

**Keywords:** *Confined masonry, concrete blocks, structural behavior, reinforced concrete frame.*



## CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

A nivel mundial, la ingeniería estructural enfrentó el desafío permanente de diseñar y construir edificaciones capaces de mantener su funcionalidad y seguridad frente a fuerzas externas, como movimientos sísmicos o vientos intensos, que pudieron comprometer su estabilidad. Investigaciones como las realizadas por Yang y otros (2021) señalaron que esta problemática requirió una atención especializada y continua, debido a que las estructuras debieron adaptarse a condiciones cambiantes y responder a exigencias cada vez más rigurosas. En este mismo sentido, Siddika et al. (2020) destacaron que el fortalecimiento estructural se convirtió en un aspecto esencial para cumplir con los códigos de diseño y los criterios de resistencia, garantizando así la seguridad y durabilidad de las edificaciones en la práctica contemporánea.

A nivel nacional, se identificó que la insuficiente supervisión profesional en los procesos constructivos favoreció el incremento de edificaciones de mampostería y concreto de baja calidad, muchas de las cuales no cumplieron con los estándares mínimos requeridos, especialmente en zonas de elevada sismicidad. Esta situación constituyó un riesgo significativo y permanente, tal como lo señalaron Díaz y otros (2020). De manera complementaria, Condori y otros (2020) advirtieron que el aumento de construcciones informales, ejecutadas al margen de los parámetros normativos, generó deficiencias estructurales que incrementaron la probabilidad de colapso. En consecuencia, esta problemática comprometió la seguridad de los ocupantes y la estabilidad de las estructuras, particularmente en regiones expuestas a alta actividad sísmica.

En la región Apurímac, y específicamente en la ciudad de Abancay, se observó un patrón constructivo recurrente en edificaciones de mediana altura, especialmente aquellas de cinco niveles, en las cuales se empleó un sistema estructural compuesto por pórticos armados y muros de albañilería conformados por bloques de concreto. Dicho sistema se utilizó tanto en construcciones formales como informales, debido a la disponibilidad local del material, su menor costo y la rapidez del proceso constructivo.



No obstante, el uso de bloques de concreto hueco en muros portantes presentó limitaciones importantes establecidas en la normativa vigente. La Norma Técnica E.070 de Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) indicó que, en zonas sísmicas como Abancay, clasificada en la Zona Sísmica 2, no estuvo permitido emplear unidades de albañilería hueca como muros portantes en edificaciones de cuatro pisos o más, debido a su menor capacidad resistente y a su comportamiento desfavorable frente a sollicitaciones sísmicas de gran magnitud.

El problema no radicó únicamente en la presencia de estos bloques en la construcción, sino en la influencia que ejercieron sobre el desempeño estructural del sistema de pórtico armado. La incorporación de muros de bloques de concreto hueco alteró la rigidez global, modificó la distribución de esfuerzos, influyó en el período natural de vibración de la estructura y, ante la ocurrencia de un sismo, generó mecanismos de falla no previstos en el diseño original.

En la ciudad de Abancay, la aplicación de este sistema estructural en edificaciones de cinco niveles no siempre estuvo acompañada de un análisis estructural detallado que considerara el comportamiento sísmico real de la edificación. Esta problemática se relacionó con la deficiente supervisión técnica, el conocimiento limitado de las implicancias normativas por parte de algunos constructores y la ausencia de estudios específicos que evaluaran la interacción real entre el pórtico armado y los muros de albañilería hueca bajo estas condiciones. En ese contexto, este aporte resultó fundamental para mejorar el control de calidad de los materiales, fortalecer los procesos de supervisión técnica y optimizar el diseño estructural en edificaciones de cinco niveles ubicadas en zonas sísmicas como Abancay.

En consecuencia, la presente investigación se orientó a analizar el comportamiento estructural del sistema compuesto por pórticos armados y muros de albañilería conformados por bloques de concreto en edificaciones de cinco niveles en la ciudad de Abancay, determinando las propiedades mecánicas de los bloques de concreto, modelando la interacción entre ambos sistemas y verificando el diseño sísmico de los muros portantes conforme a la normativa vigente, con el fin de formular recomendaciones técnicas que contribuyeran a mejorar la seguridad y resiliencia de estas construcciones frente a eventos sísmicos.



## 1.2 Enunciado del problema

### 1.2.1 Problema general

¿Cuál es el comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las propiedades mecánicas de resistencia promedio a compresión de la unidad ( $f'_b$ ), de las pilas ( $f'_m$ ), módulo de elasticidad de pilas ( $E_m$ ) y resistencia compresión diagonal de los muretes ( $V'_m$ ) de albañilería construidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, 2024?
- ¿Cómo es el modelamiento estructural de sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024?
- ¿Cómo es la verificación del sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de cinco niveles en la ciudad de Abancay, Apurímac, considerando los requerimientos del diseño sísmico de muros portantes establecidos en la Norma Técnica E.070 de Albañilería?

### 1.2.3 Justificación de la investigación

La investigación se justificó debido a la necesidad de comprender el comportamiento estructural del sistema conformado por pórticos armados y muros de albañilería construidos con bloques de concreto, el cual fue utilizado con frecuencia en edificaciones de cinco niveles en la ciudad de Abancay. Dicho sistema presentó limitaciones normativas y condiciones de uso que no siempre cumplieron con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.070, especialmente en zonas sísmicas.

Asimismo, la falta de supervisión técnica, el desconocimiento de las implicancias normativas y la escasez de estudios que evaluaran la interacción real entre ambos sistemas estructurales constituyeron un riesgo para la estabilidad y seguridad de las edificaciones. En ese contexto, resultó



fundamental desarrollar un análisis técnico que permitiera caracterizar las propiedades mecánicas del sistema, evaluar su desempeño sísmico y verificar su cumplimiento normativo, con la finalidad de reducir la vulnerabilidad estructural de las construcciones.

### **1.2.3.1 Justificación metodológica**

La investigación se sustentó metodológicamente porque empleó ensayos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas de los bloques de concreto, así como modelaciones estructurales que representaron la interacción entre el sistema de pórtico armado y los muros de albañilería. La verificación del diseño se realizó conforme a la Norma Técnica E.070 y al Reglamento Nacional de Edificaciones, garantizando coherencia con los criterios técnicos oficiales.

Este enfoque combinó métodos experimentales y analíticos, lo que permitió obtener resultados precisos y confiables. Asimismo, aseguró la reproducibilidad del estudio. En conjunto, la metodología aplicada constituyó un procedimiento sólido y debidamente fundamentado en la normativa vigente.

### **1.2.3.2 Justificación teórica**

La investigación se justificó teóricamente porque amplió el conocimiento sobre el comportamiento sísmico del sistema estructural conformado por pórticos armados y albañilería construida con bloques de concreto, especialmente en edificaciones de cinco niveles. Asimismo, contribuyó a consolidar fundamentos relacionados con la rigidez, la resistencia y el desempeño estructural, complementando estudios previos que resaltaron la necesidad de mejorar el diseño y el fortalecimiento de estructuras ubicadas en zonas sísmicas.

### **1.2.3.3 Justificación práctica**

El aporte práctico de la investigación radicó en identificar las deficiencias reales de los bloques de concreto utilizados en la ciudad de Abancay y su efecto en la seguridad estructural de las edificaciones. Los resultados obtenidos permitieron mejorar los criterios de diseño, la supervisión técnica y el control de calidad de los materiales, proporcionando lineamientos técnicos aplicables en obras civiles, con el propósito de reducir los riesgos estructurales frente a eventos sísmicos.



#### **1.2.3.4 Justificación social**

La investigación se justificó socialmente porque buscó reducir la vulnerabilidad de la población de la ciudad de Abancay frente a eventos sísmicos. La identificación de las fallas presentes en los muros de albañilería y su influencia en edificaciones de cinco niveles contribuyó a promover construcciones más seguras, proteger la vida humana y apoyar a las autoridades locales en la toma de decisiones relacionadas con el control urbano y la gestión del riesgo sísmico.

#### **1.2.3.5 Justificación investigativa**

La investigación fue necesaria debido a la inexistencia de estudios locales que evaluaran la interacción entre los sistemas de pórticos armados y la albañilería construida con bloques de concreto en edificaciones de cinco niveles. Asimismo, generó datos y evidencia técnica que fortalecieron la investigación a nivel regional, contribuyeron a mejorar el control de calidad de los materiales y permitieron optimizar el diseño estructural en zonas sísmicas como la ciudad de Abancay.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.2.1 Objetivo general

Analizar el comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024.

##### 2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades mecánicas de resistencia promedio a compresión de la unidad ( $f'_{cb}$ ), de las pilas ( $f'_{cm}$ ), módulo de elasticidad de pilas ( $E_m$ ) y resistencia compresión diagonal de los muretes ( $V'_{cm}$ ) de albañilería construidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, 2024.
- Determinar el modelamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024.
- Verificar el sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles en la ciudad de Abancay, Apurímac, considerando el diseño sísmico de los muros portantes de acuerdo con las disposiciones establecidas en la Norma Técnica E.070 albañilería.



## 2.2 Hipótesis de la investigación

### 2.2.3 Hipótesis general

El comportamiento estructural del sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada por bloques de concreto cumple con los criterios de desempeño sísmico y los límites establecidos por las Normas Técnicas E.030 y E.070 en edificaciones de cinco niveles en Abancay, Apurímac, 2024.

### 2.2.4 Hipótesis específicas

- Las propiedades mecánicas de resistencia promedio a compresión de la unidad ( $f^b$ ), de las pilas ( $f^m$ ), módulo de elasticidad de pilas ( $E_m$ ) y resistencia compresión diagonal de los muretes ( $V^m$ ) de albañilería construidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, cumplen con los valores mínimos establecidos por la Norma Técnica E.070 Albañilería, siendo estos:  $f^b = 50 \text{ kg/cm}^2$  para las unidades,  $f^m = 74 \text{ kg/cm}^2$  para las pilas,  $E_m = 51800 \text{ kg/cm}^2$  módulo de elasticidad de pilas y  $V^m = 8,6 \text{ kg/cm}^2$  para los muretes.
- El modelamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles en Abancay, Apurímac, cumple con los límites de deriva permitidos para la distorsión entrepiso, establecidos por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.
- El sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles, ubicadas en la ciudad de Abancay, cumple con los requerimientos establecidos en la Norma Técnica E.070 Albañilería, para el diseño sísmico de muros portantes.

## 2.3 Operacionalización de variables

### 2.3.1 Variable independiente

- Sistema estructural de pórtico armado y albañilería

### 2.3.2 Variable dependiente

- Comportamiento estructural de edificaciones de 5 niveles



**Tabla 1 — Operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMESIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>Variable Dependiente:</b> Comportamiento estructural</p>	<p>Según, Eski et al. (2020) “es el modo en que una estructura responde y se comporta bajo diversas cargas y condiciones.”</p>	<p>Se evaluará el comportamiento estructural mediante análisis sísmico estático y dinámico, considerando las propiedades mecánicas de los bloques de concreto, el modelamiento estructural y la verificación del diseño sísmico de los muros portantes.</p>	<p><b>D1:</b> Análisis estructural</p> <p><b>D2:</b> Validación estructural</p>	<p>I1: Análisis estático</p> <p>I2: Análisis dinámico</p> <p>I1: Restricciones a la irregularidad</p>	<p>Nominal</p> <p>Nominal</p> <p>Nominal</p>
<p><b>Variable Independiente</b> Sistema pórtico armado y albañilería</p>	<p>Según, Rojas et al. (2019), el sistema de pórticos es un conjunto de vigas y columnas conectados y conformados por concreto armado que son resistentes a momentos. Así mismo, el sistema de albañilería es aquel que se compone de bloques unidos con mortero y ensamblados entre sí (Ghiassi y Milani, 2019).</p>	<p>A partir de la configuración propia de la edificación, la cual combina tanto el sistema estructural de pórticos como el de albañilería, se procederá a realizar el modelamiento estructural de estas se obtendrá resultados que servirá para la verificación de elementos estructurales en la etapa de análisis.</p>	<p><b>D1:</b> Propiedades mecánicas de las prismas de albañilería</p> <p><b>D2:</b> Modelamiento estructural</p> <p><b>D3:</b> Verificación del diseño sísmico de los muros</p>	<p>I1: Resistencia a compresión de la unidad (<math>f'c</math>), de las pilas (<math>f'm</math>), modulo de elasticidad de pilas (<math>E_m</math>) y de los muretes (<math>V'm</math>)</p> <p>I2: Elementos estructurales, sísmicos y cargas</p> <p>I3: Verificación de esfuerzo axial máximo, fisuramiento y agrietamiento en los muros de albañilería.</p>	<p>Kgf/cm<sup>2</sup></p> <p>Nominal</p> <p>Nominal</p>

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

##### 3.1.1 Antecedentes internacionales

- a) Kallioras et al. (2023), plantearon como objetivo principal analizar el desempeño sísmico de un edificio aporticado de cinco niveles con muros de albañilería, utilizando un ensayo híbrido a escala real. La investigación fue de tipo experimental aplicado, lo que permitió reproducir con precisión condiciones similares a las que enfrentan las estructuras durante un movimiento telúrico. El modelo estructural empleado correspondió a una edificación completa, sometida a cargas laterales equivalentes a las registradas en escenarios sísmicos representativos.

Los resultados evidenciaron que la interacción entre el sistema aporticado y los muros de albañilería proporcionó un incremento sustancial en la rigidez global de la estructura, al mismo tiempo que mejoró la capacidad de disipación de energía. Este comportamiento permitió una reducción considerable en la deriva lateral, lo que refleja una mayor estabilidad frente a acciones dinámicas. Finalmente, concluyeron que los muros de albañilería cumplen un rol fundamental en la seguridad estructural de edificaciones de mediana altura, por lo que no deben considerarse únicamente como elementos secundarios o no estructurales, sino como componentes activos en el diseño sismorresistente.

- b) En la investigación de Milijas et al. (2023), el propósito fue determinar el comportamiento de pórticos de concreto con muros de ladrillo hueco cuando son sometidos a cargas cíclicas tanto en dirección in plane como out of plane. El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental aplicado, donde la muestra estuvo conformada por diferentes configuraciones de pórticos con muros de relleno que incluían aberturas en distintas disposiciones.



Los hallazgos mostraron que la resistencia y la capacidad de deformación de los pórticos variaban de manera significativa según la ubicación de las aberturas y la calidad de los materiales utilizados en los muros. Dichos factores demostraron ser determinantes en el desempeño estructural bajo solicitaciones sísmicas. Concluyeron, en consecuencia, que estas variables deben ser consideradas de manera prioritaria en el diseño sismorresistente, ya que inciden directamente en la seguridad y funcionalidad de las edificaciones ante eventos sísmicos.

- c) Por su parte, Dias et al. (2022) realizaron una revisión exhaustiva del estado del arte respecto a la vulnerabilidad sísmica en edificaciones que cuentan con muros de relleno en pórticos de concreto armado. Esta investigación se clasificó como documental y descriptiva, sustentada en el análisis de más de 80 estudios que abarcaron enfoques experimentales, numéricos y normativos.

El análisis permitió identificar vacíos importantes en las metodologías tradicionales, principalmente en lo que respecta a la representación del daño progresivo y la complejidad de la interacción no lineal entre pórticos y muros de relleno. Estos resultados condujeron a la conclusión de que se requiere un enfoque integral, capaz de combinar ensayos experimentales a gran escala, simulaciones avanzadas y la actualización de la normativa vigente, a fin de mejorar la predicción y comprensión del comportamiento estructural de este tipo de sistemas constructivos.

En la investigación de Monical y Pujol (2024), el objetivo consistió en comparar el nivel de deriva lateral en pórticos de concreto armado con y sin la incorporación de muros de albañilería. La metodología se desarrolló a través de un diseño experimental complementado con modelamiento numérico, utilizando pórticos de concreto a escala reducida en ambas configuraciones estructurales.

Los resultados indicaron que la presencia de muros de albañilería reduce de manera significativa la deriva lateral, contribuyendo así a una mayor rigidez estructural. Sin embargo, también se evidenció que la inclusión de estos elementos genera concentraciones de esfuerzos en zonas críticas, lo cual



incrementa la vulnerabilidad a daños localizados. La conclusión del estudio resaltó que, si bien los muros aportan beneficios notables en términos de rigidez, estos también conllevan riesgos que deben ser cuidadosamente considerados durante la fase de diseño estructural, especialmente en regiones de alta sismicidad.

### 3.1.2 Antecedentes nacionales

- a) En la investigación de Esteban et al. (2020), el propósito del estudio fue establecer las diferencias en el desempeño sísmico dinámico de una edificación multifamiliar ubicada en el Jr. Mantaro, distrito de El Tambo, Huancayo, considerando dos alternativas de diseño estructural: pórticos de concreto armado y albañilería confinada. La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado, de nivel descriptivo comparativo y con un diseño no experimental transversal. Para ello recurrió al modelamiento computacional en el software ETABS, empleando como muestra la misma edificación proyectada en ambos sistemas estructurales.

Los resultados permitieron identificar los valores del periodo natural de vibración, desplazamientos laterales y derivas máximas en cada alternativa. En el caso de los pórticos, se evidenciaron periodos de vibración más prolongados, acompañados de mayores desplazamientos y derivas cercanas al límite permitido por la normativa. En contraste, la albañilería confinada mostró un comportamiento más rígido, con desplazamientos reducidos y derivas claramente por debajo de lo exigido.

En conclusión, aunque se encontraron variaciones en los parámetros analizados, la diferencia entre ambos sistemas no resultó significativa en términos globales. Se corroboraron, además, que el sistema de pórticos de concreto armado ofrece ciertas ventajas en aspectos específicos, pero sin superar de manera sustancial al desempeño alcanzado por la albañilería confinada.

- b) En la tesis de Morales (2021), el objetivo de la tesis fue evaluar el comportamiento estructural bajo cargas estáticas y dinámicas de una edificación de cuatro niveles en el distrito de Huancayo, diseñada con un



sistema dual que combina pórticos de concreto armado y muros portantes de albañilería liviana. La investigación se desarrolló con un enfoque aplicado, de nivel descriptivo-comparativo, utilizando diseño no experimental transversal. Para ello emplearon análisis manual del comportamiento sísmico estático, seguido de análisis dinámico asistido por software, además de determinar el cumplimiento de los requisitos estructurales mínimos de la NTE-E.070 para muros portantes.

La muestra comprendía una edificación de cuatro pisos cuyas unidades de albañilería varían: se utilizaron ladrillos King Kong de 18 huecos en los dos primeros niveles, y en los niveles superiores ladrillos de pandereta. En los análisis controlaron desplazamientos laterales admisibles, fisuración de los muros portantes bajo sismo moderado, resistencia al corte global y verificación de agrietamiento diagonal ante sismo severo.

Los resultados mostraron que los muros portantes del edificio satisfacen el parámetro de esfuerzo axial máximo, pero no cumplen con el espesor efectivo requerido, y que los muros del tercer nivel manifiestan fisuración significativa al someterlos a acciones sísmicas tanto moderadas como severas, debido al cambio en las propiedades resistentes del material entre niveles.

En conclusión, determinó que, aunque el sistema dual usado presenta ventajas en cuanto a resistencia axial, existen limitaciones estructurales asociadas a la variabilidad de los materiales de albañilería entre niveles. Se recomienda evitar el uso de unidades de albañilería liviana en muros portantes sin realizar memorias de cálculo estructural completas y reforzamientos, especialmente en zonas sísmicas, o bajo la normativa técnica E.070 cuando se aplique.

- c) En la investigación de Perez y Tequen (2021), el objetivo de la investigación fue comparar el comportamiento sísmico estructural de dos sistemas aporticado y de albañilería confinada aplicados a un edificio multifamiliar de cinco niveles en la Urbanización Gran Marañón, Jaén, Cajamarca. La investigación fue de tipo aplicada, nivel descriptivo-comparativo, con diseño no experimental transversal; se empleó modelamiento estructural en el software ETABS 2018. La muestra correspondió al edificio existente de cinco niveles con un área



construida de 214 m<sup>2</sup>, sobre la base arquitectónica ya definida, y ambos sistemas estructurales fueron modelados conforme a la norma E.030 del Perú. Los resultados mostraron que los desplazamientos producidos por el sistema de albañilería confinada se mantuvieron claramente por debajo de los máximos permitidos por la normativa (no superando el 20 %), mientras que el sistema aporticado alcanzó desplazamientos cercanos al 50 % de esos límites normativos. Aun así, ambos sistemas demostraron un comportamiento estructural adecuado frente a eventos sísmicos. En conclusión, se determinó que el sistema de albañilería confinada ofrece una ventaja en cuanto a menores desplazamientos normativos, aunque el sistema aporticado demuestra mayor flexibilidad de uso arquitectónico, por lo que cada sistema tiene fortalezas que deben considerarse según las prioridades del proyecto.

- d) En la tesis Mondragon y Reyes (2022), el objetivo de la investigación fue evaluar tanto el desempeño estructural como el costo económico de una edificación multifamiliar de cinco niveles diseñada con el sistema de albañilería confinada. La investigación correspondió a un enfoque aplicado, con nivel descriptivo-comparativo, y empleó un diseño no experimental transversal, utilizando software de modelamiento estructural junto con estimaciones de costos de materiales y mano de obra. La muestra fue un proyecto de edificación de cinco pisos con planos arquitectónicos definidos, materiales locales para la albañilería confinada, y los elementos estructurales diseñados según normativa vigente.

Los resultados indicaron que la edificación cumple en gran parte con los requerimientos normativos estructurales en términos de resistencia, desplazamientos laterales y estabilidad general; sin embargo, se detectaron limitaciones en rigidez lateral cuando se compara con estructuras mixtas, lo que implica mayores deformaciones bajo cargas laterales. En cuanto al análisis económico, se observó que el sistema de albañilería confinada ofrece ventajas de costos frente al sistema exclusivamente de pórtico armado o mixto, principalmente en los materiales y la mano de obra, aunque con ciertas reservas respecto al refuerzo necesario para asegurar comportamientos estructurales óptimos.



En conclusión, determinaron que la albañilería confinada constituye una alternativa viable para edificaciones de cinco niveles bajo condiciones similares, siempre que se tenga un control riguroso de calidad en la construcción y se dimensionen adecuadamente los muros, vigas y columnas para compensar la menor rigidez lateral.

- e) En la investigación de Choque y Ticona (2024), el propósito de la investigación fue determinar los valores de resistencia al corte y a la compresión axial de prismas hechos con bloques de concreto mecanizado producidos en la ciudad de Tacna. El estudio fue de tipo cuantitativo, con diseño experimental aplicado, desarrollado en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna. La metodología incluyó el ensayo de cinco muretes de bloque mecanizado ( $80 \times 80$  cm) y cinco pilas de bloque de concreto mecanizado de 60 cm de altura con mortero en proporción 1:4, ejecutados en el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. Además, realizaron ensayos complementarios para clasificar la unidad de bloque de concreto: variaciones dimensionales, alabeo, absorción, porcentaje de vacíos y resistencia a compresión del bloque.

Los resultados arrojaron que la resistencia característica a la compresión axial fue de  $f'_c = 44,36 \text{ kgf/cm}^2$  con desviación estándar de  $10,64 \text{ kgf/cm}^2$ ; la resistencia característica al corte fue  $v' = 2,19 \text{ kgf/cm}^2$  (desviación estándar de  $1,13 \text{ kgf/cm}^2$ ). Además, se registró alabeo promedio de 2,50 mm en la cara cóncava y 1,10 mm en la convexa; absorción promedio de 6,44 %, variación dimensional de longitud de 1,24 %, ancho de 2,94 % y altura de +1,88 %; porcentaje de vacíos del bloque de 61,32 %; resistencia característica del bloque a compresión de  $43,92 \text{ kgf/cm}^2$  (SD = 2,14).

En conclusión, la unidad de bloque de concreto mecanizado evaluada fue considerada Bloque NP, y las resistencias de los prismas resultaron inferiores a lo prescrito en la Propuesta de la Norma Técnica E.070. Recomendaron no utilizar dichos bloques mecanizados como elementos estructurales de soporte en edificaciones.



### 3.1.3 Antecedentes locales

- a) Auccahuasi (2022), tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica del diseño estructural del pabellón de Ingeniería de Minas de la sede central de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA), ubicado en Abancay, mediante el análisis de los elementos estructurales y no estructurales de la edificación. La investigación fue de tipo aplicada, con un nivel descriptivo y un diseño no experimental. La metodología consistió en la recopilación de información técnica del proyecto, la aplicación de ensayos de esclerometría para estimar la resistencia del concreto y la modelación estructural en el software ETABS, a fin de simular el comportamiento ante sollicitaciones sísmicas.

De acuerdo con los resultados, se determinó que la edificación presenta irregularidad torsional y un sistema estructural conformado por pórticos de concreto armado. Asimismo, frente a las demandas sísmicas planteadas, el desempeño estructural mostró altos niveles de vulnerabilidad, principalmente por el estado de los tabiques y la distribución de cargas. En conclusión, se señaló la necesidad de reforzar elementos críticos, implementar mejoras en el diseño estructural y atender los componentes no estructurales, con el propósito de reducir la vulnerabilidad sísmica del pabellón universitario.

- b) En la misma línea, Luna (2021), tuvo como objetivo diseñar y evaluar el desempeño sismorresistente de un edificio aporticado de concreto armado de diez pisos en la ciudad de Abancay, departamento de Apurímac, determinando su comportamiento estructural frente a fuerzas horizontales derivadas de eventos sísmicos, conforme a normativas nacionales vigentes (Serie E del Reglamento Nacional de Edificaciones). La investigación se clasificó como aplicada, con nivel explicativo, usando un diseño no experimental transeccional. La metodología incluyó: recolección de información técnica del proyecto, realización de estudio de suelos local para determinar parámetros del terreno, predimensionamiento de los elementos estructurales (zapatas, columnas, vigas y losa), modelamiento estructural con el software ETABS 2016 aplicando tanto análisis estático lineal como análisis dinámico modal-espectral y verificación de derivas laterales admisibles según la norma E.030.



Según los resultados, el edificio presentó un alto cumplimiento respecto a la rigidez estructural y las derivas permitidas, aunque se detectaron irregularidades en la configuración del sistema, especialmente por alturas y luces de los pórticos, que podrían comprometer el desempeño en niveles críticos ante solicitudes sísmicas severas. En conclusión, el estudio evidenció que edificaciones aporricadas de regular altura pueden alcanzar un comportamiento adecuado si se respetan los criterios de diseño sísmico nacionales, pero recomendó reforzar los elementos estructurales críticos, controlar con precisión la distribución de cargas y adoptar mejores prácticas constructivas locales para asegurar la seguridad estructural.

- c) En la tesis de Arredondo y Maldonado (2021), tuvieron como objetivo determinar la variación del comportamiento mecánico en prismas de albañilería tradicional y reforzadas con soga driza utilizando bloques huecos de concreto en Abancay-Apurímac, mediante ensayos de compresión axial y diagonal, así como mediciones de módulos mecánicos, para verificar cómo afecta el refuerzo al desempeño estructural. La investigación es de tipo aplicada, con un nivel explicativo, y diseño experimental cuantitativo. La metodología incluyó una muestra no probabilística conformada por 30 pilas y 15 muros pilotes (muretes) distribuidos en prismas tradicionales y prismas reforzados con soga driza, recolección de datos mediante observación, y ensayos mecánicos a los 28 días de fraguado (ensayos de compresión axial, compresión diagonal, módulo de elasticidad y módulo de corte).

Según los resultados, los prismas reforzados mostraron mejores propiedades mecánicas: por ejemplo, se midieron valores de resistencia a compresión ( $f_m$ ) más elevados, así como módulos de elasticidad ( $E_m$ ) y de corte ( $G_m$ ) superiores, y se observó un cambio en el modo de falla frágil y explosivo en los prismas no reforzados, a una falla más dúctil, progresiva y lenta en los reforzados con soga driza. En conclusión, el estudio evidenció que los reforzamientos con soga driza mejoran significativamente el comportamiento mecánico de muros de albañilería con bloques huecos de concreto, sugiriendo que este tipo de refuerzo puede ser viable para mejorar la resistencia estructural y la ductilidad en edificaciones de la región.



## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Sistema pórtico armado y albañilería

#### 3.2.1.1 Sistemas estructurales

Son diversas combinaciones de unidades básicas para formar elementos resistentes, los cuales posibilitan la configuración y estabilidad de la estructura final del edificio (Lozano, Serrano y Lopez, 2019).

#### 3.2.1.2 Pórtico de concreto armado

Es aquel sistema que mínimamente el 80% del esfuerzo cortante que se da en la base se aplica o es recepcionado por los pórticos (columnas). Cabe resaltar, que en situaciones donde existan muros que tengan función estructural, su diseño se orienta a soportar una porción específica de la carga sísmica, de forma proporcional a su rigidez (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).

#### 3.2.1.3 Albañilería por bloques de concreto

La eficacia estructural de la mampostería está intrínsecamente vinculada a las particularidades físicas y mecánicas de componentes clave como el bloque de concreto, el mortero y la lechada, así como a la geometría de los conjuntos. Estos aspectos son tenidos en cuenta de manera integral en el proceso de diseño estructural para garantizar un desempeño eficiente.

Además, se destaca la relevancia de considerar minuciosamente las propiedades y configuraciones de cada componente en el diseño, reconociendo su influencia directa en la estabilidad y resistencia global del sistema de mampostería (Ghiassi y Lourenco, 2018).

#### **Bloques de concreto**

Los bloques de concreto son unidades de albañilería que pueden ser modificados con materiales más ligeros, como el poliestireno, para reducir su peso y mejorar su manejabilidad (Medina, 2022).

Los fabricantes de bloques de concreto emplean métodos mecánicos como la vibración para combinar cemento Portland, agua y arena gruesa en la producción de estos elementos constructivos.



### Limitaciones en su aplicación

El uso de los bloques de concreto está limitado en lo que contempla la norma E.070 unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado la tabla 2. Donde indica de acuerdo a las zonas sísmicas de todo el país (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).

**Tabla 2 — Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales**

TIPO	ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos	Muro portante en edificios de 1 a 3	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal*	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

FUENTE: Norma E.070 Albañilería

\*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

#### 3.2.1.4 Albañilería por bloques de concreto

##### a) Unidades de albañilería

Contempla ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice – cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular. Según la Norma E.070 de Albañilería.

En esta investigación, se emplearon bloques de concreto producidos artesanalmente en el mercado de la capital de Abancay. Características técnicas proporcionadas por el fabricante:



**Tabla 3** — Características técnicas

Tipo	Bloque de concreto
Dimensiones	20x12x40 cm
Peso	9.47 kg
Rendimiento	12 unidades x m <sup>2</sup>

**Figura 1** — Unidad de bloque de concreto**b) Resistencia característica a compresión**

La resistencia a la compresión ( $f'_b$ ) se calcula dividiendo la carga de rotura ( $P$ ) por el área bruta ( $A$ ) de la unidad, según se indica en las ecuaciones siguientes:

$$f_b = \frac{P}{A}$$

$$f'_b = f_b - \sigma$$

- $f'_b$ : Resistencia característica
- $f_b$ : Resistencia a compresión de la unidad
- $P$ : Carga máxima o de rotura
- $A$ : Área bruta del espécimen
- $\sigma$ : Desviación estándar

**c) Mortero**

El mortero se compone de una mezcla de agregados finos y aglomerantes, a la que se añade una cantidad específica de agua para crear una mezcla manejable y adhesiva. Su objetivo es unir y corregir las imperfecciones de las unidades de albañilería durante la construcción, formando una estructura duradera. El mortero presenta

propiedades distintas en sus estados plástico y endurecido, siendo la trabajabilidad fundamental en su estado plástico y la adhesión y resistencia a compresión en su estado endurecido.

Según las normas NTP 399.607 y 399.610, se preparan probetas de mortero con geometría específica utilizando mortero en proporción volumétrica 1:4. Sin embargo, en la zona de estudio, la práctica tradicional utiliza una proporción de cemento y arena de 1:5, lo que reduce la resistencia estructural debido al aumento de agregados proporcionados por bloqueteras locales que obtienen sus materiales de la concretera Murillo.

#### **d) Prismas de albañilería**

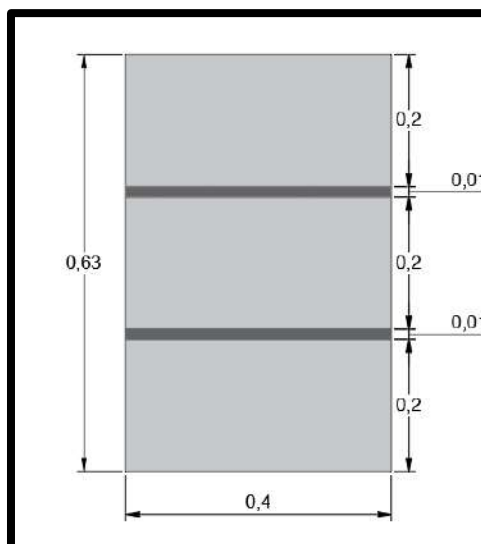
Los prismas son modelos representativos que permiten evaluar el comportamiento de muros de albañilería bajo diferentes condiciones. Estos especímenes están diseñados para simular las características y variables de los muros reales, como la humedad, el tipo de ladrillos, la dosificación del mortero y la mano de obra.

A través de la construcción de pilas y muretes, se pueden determinar propiedades fundamentales de la albañilería, como la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad, la resistencia al corte y el módulo de corte. Esto proporciona información crucial para entender el comportamiento estructural de los muros de albañilería.

#### **I. Pilas**

Las pilas de albañilería son estructuras prismáticas compuestas por múltiples unidades de albañilería, unidas mediante mortero. En este estudio, se construyeron 10 pilas de albañilería, cinco pilas sin tarrajeo y cinco pilas con tarrajeo con dimensiones específicas (0,63 m de altura, 0,40 m de ancho y 0,12 m de espesor). A los 28 días, estas pilas fueron sometidas a ensayos de compresión axial, lo que permitió determinar su resistencia a compresión y módulo de elasticidad.





**Figura 2 — Pilas de bloques de concreto**

La resistencia característica a compresión axial de las pilas ( $f'_{cm}$ ) se ve influenciada por la esbeltez, que es la relación entre la altura y el espesor del prisma. Según la Norma E. 070, la esbeltez óptima para las pilas debe estar entre 2 y 5, siendo los valores más representativos de la albañilería aquellos que se encuentran entre 4 y 5. A continuación, se presenta una tabla que proporciona valores de corrección por esbeltez.

**Tabla 4 — Factores de corrección de  $f'_{cm}$  por esbeltez**

Esbeltez	2	2.5	3	4	4.5	5
Factor	0.73	0.8	0.91	0.95	0.98	1

FUENTE: Norma E.070 Albañilería

### Procedimiento de construcción

Previo a la aplicación de los ensayos de compresión axial, resulta indispensable cumplir con un procedimiento constructivo definido. Este proceso asegura la exactitud y la calidad de las pilas de albañilería.

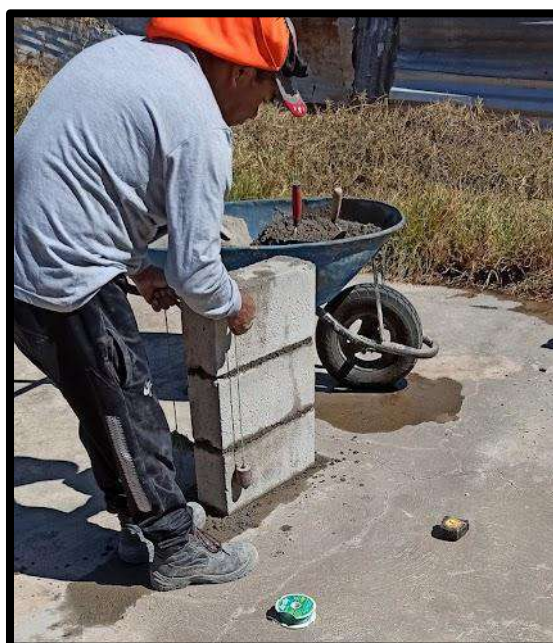
1. De acuerdo con la Norma E.070, los ladrillos deben ser humedecidos entre 15 minutos y 1 hora antes de su colocación, a fin de lograr una adecuada adherencia con el mortero. En este estudio, se decidió realizar el humedecimiento 15 minutos previos a su uso, garantizando así una unión firme.





**Figura 3 — Humedecimiento de los bloques de concreto**

2. Los bloques de concreto fueron dispuestos de manera cuidadosa, procurando que las superficies se encontraran limpias y libres de polvo. Posteriormente, se comprobó la verticalidad de las pilas con ayuda de una plomada y un nivel, asegurando así su correcta alineación y estabilidad.



**Figura 4 — Control de verticalidad y nivel**

3. Se mantuvo un espesor uniforme de 15 mm en las juntas de mortero mediante el uso de una regla, la cual permitió marcar y controlar con precisión la altura de cada hilada durante la colocación de los bloques.



**Figura 5 — Verificación del espesor óptimo en juntas de mortero**

4. Tras finalizar la construcción de las pilas de bloques de concreto, se realizó una verificación minuciosa del nivel y la verticalidad, con el fin de garantizar una superficie de contacto uniforme y exacta con los cabezales del equipo de ensayo.



**Figura 6 — Control de uniformidad en pilas de concreto**

5. Concluida la construcción de las pilas de bloques, estas fueron curadas durante 24 horas sin aplicar tarrajeo. Después, en cinco de ellas se incorporó el tarrajeo empleando una mezcla de cemento y arena en proporción 1:5, siguiendo la práctica constructiva tradicional de la ciudad de Abancay. Finalmente, se realizó una verificación detallada del nivel y la verticalidad de los prismas de albañilería.



**Figura 7** — Tarrajeo de cinco pilas de bloques de concreto

### **Técnicas de ensayo**

El ensayo se llevó a cabo empleando una prensa hidráulica con capacidad de 60 Tn, accionada mediante una bomba hidráulica y apoyada sobre un pórtico metálico de reacción. La muestra fue colocada con cuidado en el plato inferior y centrada con precisión. A continuación, se aplicó una precarga controlada para ajustar la placa superior a la superficie del espécimen. Finalmente, se incrementó la carga hasta alcanzar la rotura de los prismas, controlando la velocidad de aplicación por desplazamiento, con el objetivo de obtener la curva Fuerza-Desplazamiento en su tramo lineal final.

### Instrumentación

Para la obtención y registro de los datos de compresión axial de las pilas, se utilizó el manómetro de la máquina. Además, se instaló un deformímetro de alta precisión (0,01 mm) en todas las pilas, con el propósito de monitorear de manera exacta el desplazamiento axial durante el ensayo. Concluido el procedimiento, se retiró cuidadosamente el equipo, a fin de evitar posibles daños ocasionados por el colapso de las pilas.

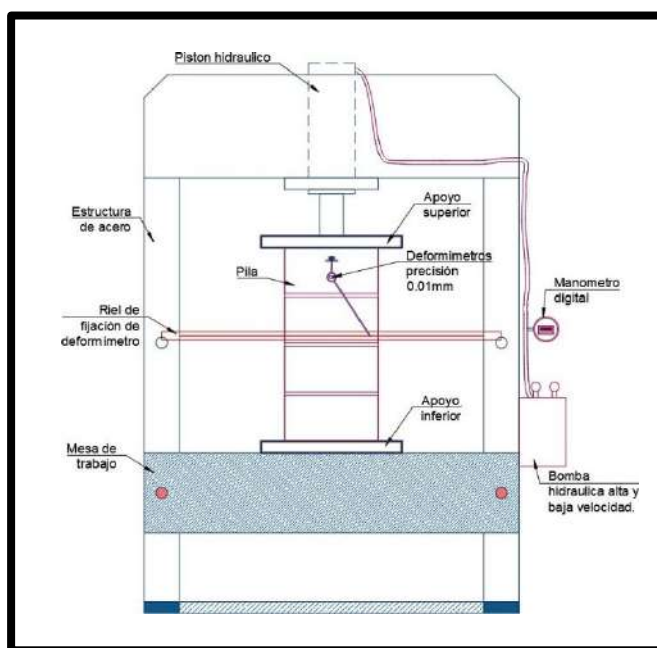


Figura 8 — Instrumentación de pilas

FUENTE: (Arredondo y Maldonado, 2023)

### Resistencia a la compresión

En este ensayo se analizó con detalle la resistencia de las pilas frente a cargas verticales, tomando en cuenta la interacción esencial entre el bloque y el mortero. La resistencia media ( $f_m$ ) se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la sección transversal. Posteriormente, se aplicó un factor de corrección, establecido en la Tabla 4, para obtener un valor más preciso. Finalmente, se calcularon los valores de resistencia media corregida ( $f'_m$ ), restando una desviación estándar al promedio, lo que permitió realizar una evaluación más rigurosa de la capacidad resistente de las pilas.



$$f'_m = f_m - \sigma$$

Donde:

- $f_m$  : Resistencia promedio a compresión axial (kgf/cm<sup>2</sup>)
- $f'_m$  : Resistencia característica a compresión axial (kgf/cm<sup>2</sup>)
- $\sigma$  : Desviación estándar

### Módulo de elasticidad $E_m$

Se colocó un deformímetro de alta precisión, con exactitud de 0,01 mm, en cada una de las pilas analizadas (Figura 8). A partir de los registros obtenidos, se calculó el módulo de elasticidad tomando el promedio de los resultados proporcionados por cada dispositivo, lo que permitió caracterizar con mayor detalle el comportamiento estructural de las pilas.

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta P_{m\acute{a}x}}{\text{Área bruta}}$$

$$\Delta\xi = \frac{\Delta\delta}{L}$$

$$E_m = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\xi}$$

Donde:

- $\Delta\sigma$  : Esfuerzo axial en el tramo elástico (Kgf/cm<sup>2</sup>)
- $\Delta P_{m\acute{a}x}$  : Fuerza en el tramo que representa el comportamiento elástico (Kgf)
- *Área bruta* : Largo x Ancho (m<sup>2</sup>)
- $\Delta\epsilon$  : Deformación unitaria asociada  $\Delta\sigma$
- $\Delta Dv$  : Desplazamiento en el rango elástico (mm)
- L : Longitud entre el cabezal de la pila y el deformímetro (cm)



-  $E_m$  : Modulo de elasticidad

### Formas de falla

Los resultados obtenidos confirmaron la teoría clásica de falla en pilas de albañilería, evidenciándose la aparición de grietas verticales a lo largo de su altura, originadas por esfuerzos de tracción diagonal en las zonas laterales y en las aristas verticales. El mecanismo de falla predominante correspondió al agrietamiento vertical, acompañado de un desprendimiento poco significativo de unidades, para culminar con un aplastamiento generalizado en la parte superior de la pila, donde se aplicó la carga.



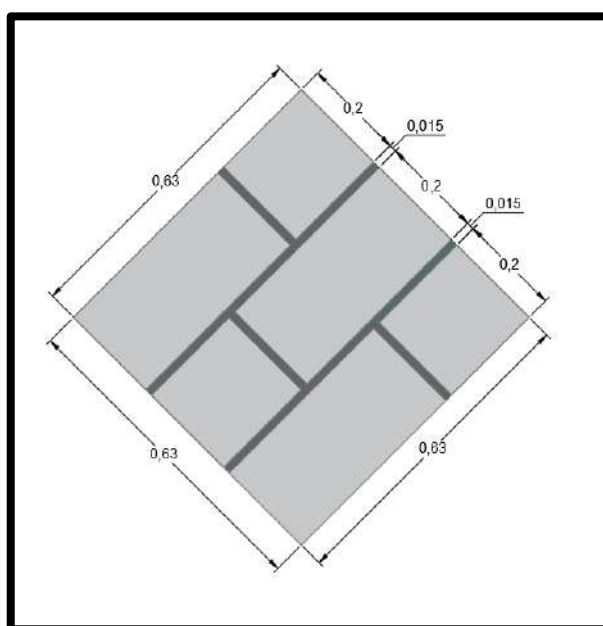
Figura 9 — Pilas sin tarrajeo P-01y PL-03, post ensayo



Figura 10 — Pilas con tarrajeo PL – B, PL – C y PL – E, post ensayo

## II. Muretes

Se elaboraron diez muretes, de los cuales cinco no contaban con tarrajeo y cinco sí lo tenían, aplicado en una sola cara con un espesor de 1,5 cm. Todos presentaron dimensiones de 0,63 m de largo, 0,63 m de alto y 0,12 m de espesor (Figura 11). El propósito central de estos muretes fue evaluar la resistencia característica a corte puro ( $v'm$ ) y registrar las deformaciones diagonales, con el fin de determinar el módulo de corte ( $Gm$ ), permitiendo así un análisis detallado de su comportamiento estructural.



**Figura 11** — Muretes de bloques de concreto

### Procedimiento de construcción

Para garantizar la calidad y exactitud de los resultados, se estableció un procedimiento detallado para la construcción de los muretes previo al ensayo de compresión diagonal.

1. Previo al inicio de la construcción de muretes y pilas de albañilería, se efectuó un riego estratégico de los bloques de concreto para generar condiciones adecuadas. Este proceso consistió en suministrar la cantidad necesaria de agua durante media hora, iniciando 15 minutos antes del trabajo, con el

propósito de garantizar una base firme y resistente para la estructura.

2. La construcción de los muretes se realizó bajo los mismos parámetros de dosificación, consistencia y aplicación del mortero empleados en las pilas de albañilería. Tras la preparación de los bloques de concreto, estos fueron colocados utilizando una regla metálica, un nivel de mano y una plomada, lo que permitió asegurar una correcta alineación y precisión en la longitud.



**Figura 12 — Construcción de muretes de bloques de concreto**

3. Con el fin de garantizar la calidad y exactitud en la construcción, se efectuaron controles finales en las cinco muestras de muretes. Dichos controles comprendieron la verificación del alineamiento mediante cordel, la comprobación de la altura con escantillón y la revisión de la verticalidad con nivel y plomada. Asimismo, se aseguró que las juntas horizontales y verticales mantuvieran un espesor uniforme de 1,5 cm.



**Figura 13** — Control de calidad y precisión en la construcción de muretes

4. Una vez contruidos los muretes de bloques de concreto sin tarrajeo, se procedió a aplicar un tratamiento de pañeteo y tarrajeo en cinco de ellos, con un espesor de 1,5 cm, transcurridas 24 horas. Este procedimiento busca no solo mejorar la resistencia y durabilidad de los elementos, sino también generar información real y confiable que permita plantear soluciones más allá de las prácticas convencionales. De este modo, se busca desarrollar alternativas efectivas, prácticas y adaptables a las condiciones específicas de la zona.



**Figura 14** — Tarrajeo en muretes de bloques de concreto

### Técnicas de ensayo

El ensayo se realizó utilizando una prensa hidráulica con capacidad de 60 toneladas, similar a la empleada en las pruebas de pilas, accionada mediante una bomba hidráulica. La configuración del equipo incluyó una celda y una gata concéntricas al espécimen, instaladas sobre un pórtico metálico de reacción. En el caso de los muretes, la aplicación de la carga se efectuó de manera manual, lo que permitió controlar la velocidad del ensayo.

### Instrumentación

Antes de comenzar los ensayos, se instaló cuidadosamente un par de deformímetros de alta precisión, con una resolución de 0.01 mm, en cada murete. Esto permitió registrar con exactitud los desplazamientos diagonales, tanto verticales como horizontales, durante el proceso de ensayo.

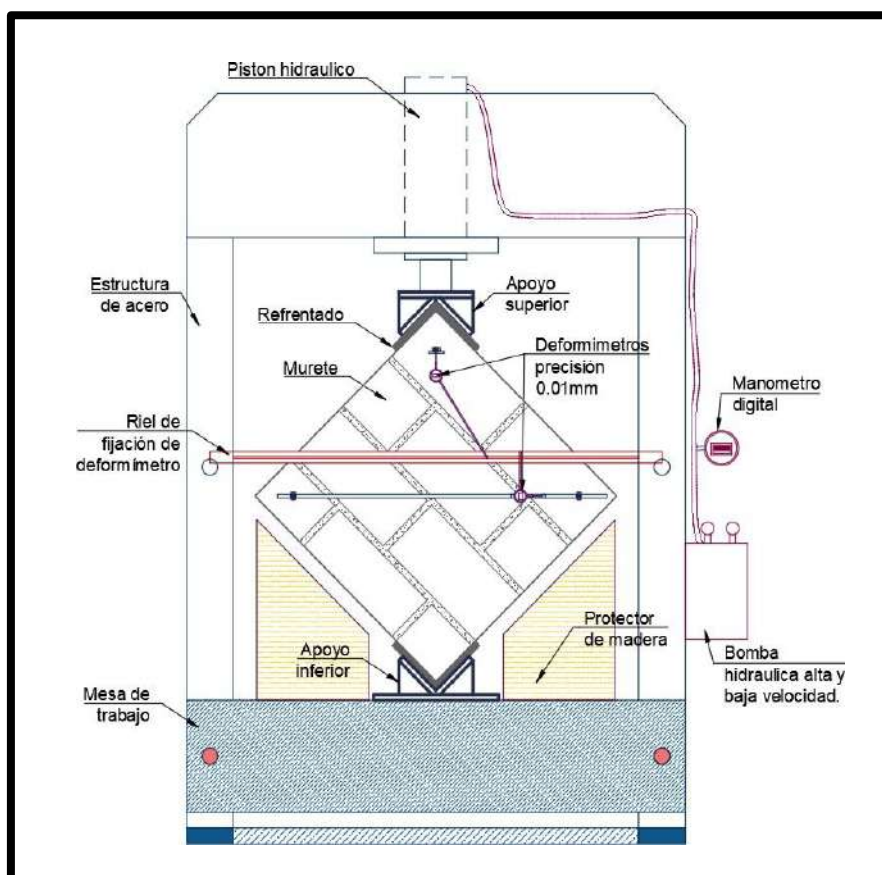


Figura 15 — Instrumentación del murete

FUENTE: (Arredondo y Maldonado, 2023)

### Resistencia a compresión diagonal

Se registró la carga máxima que cada murete fue capaz de soportar y, a partir de estos datos, se realizó el cálculo de la resistencia según los parámetros establecidos.

$$V_m = \frac{P_{m\acute{a}x.}}{A_D}$$

Donde:

- $V_m$  : Resistencia al corte (Kgf/cm<sup>2</sup>)
- $P_{m\acute{a}x.}$ : Máxima fuerza que resiste el murete (kgf)
- $A_D$  : rea diagonal (diagonal del murete x espesor) en cm<sup>2</sup>

Una vez obtenidos los datos, se procedió a calcular el valor promedio y la desviación estandar, lo que permitió determinar la resistencia característica de manera precisa y confiable, utilizando una fórmula específica.

$$V'_m = V_m - \sigma$$

Donde:

- $V_m$  : Resistencia promedio al corte (Kgf/cm<sup>2</sup>)
- $V'_m$ : Resistencia característica al corte (Kgf/cm<sup>2</sup>)
- $\sigma$  : Desviación estandar.

Se realizó un análisis detallado del comportamiento mecánico de los muretes, abarcando dos objetivos principales: la determinación del módulo de corte  $G_m$  en el rango elástico y la evaluación de la resistencia al corte  $v'_m$  y el patrón de falla en el punto de rotura. Además, se calculó la resistencia a la compresn diagonal mediante el registro de la carga máxima soportada por cada murete, lo que permitió obtener el valor promedio  $v_m$  y la desviación estandar. Finalmente, se calculó la resistencia característica mediante un enfoque estadístico, considerando la resta de la desviación estandar al valor promedio.

### Módulo de corte Gm

Para entender el comportamiento elástico de los muretes, se estudió la gráfica de Desplazamiento vs Carga y se identificó un tramo clave que reflejaba la respuesta elástica del material. Se seleccionó un rango de carga del 20% al 60% de la carga máxima y se calculó el módulo de corte (Gm) en función de la relación entre el incremento de esfuerzo cortante y la deformación angular. Esta deformación angular se calculó considerando las deformaciones unitarias en las diagonales. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 20, proporcionando una visión clara del comportamiento elástico de los muretes.

$$\Delta\tau = \frac{\Delta P}{\text{Área de corte}}$$

$$\Delta P = P_{60\%} - P_{20\%}$$

$$\Delta D = D_{60\%} - D_{20\%}$$

$$\epsilon_V = \frac{\Delta D_V}{L_V} \quad \text{y} \quad \epsilon_H = \frac{\Delta D_H}{L_H}$$

$$\gamma = \epsilon_V + \epsilon_H$$

$$G_m = \frac{\Delta\tau}{\gamma}$$

Donde:

- $\Delta\tau$  : Esfuerzo axial en el tramo elástico (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\Delta P$  : Fuerza en el tramo que representa el comportamiento elástico (kg)
- *Área de corte*: Área diagonal del muro (m<sup>2</sup>)
- $\gamma$  : Deformación angular horizontal y vertical
- $\epsilon_V$  : Deformación vertical en el rango elástico (mm)
- $\epsilon_H$  : Deformación horizontal en el rango elástico (mm)
- $L_V$  : Longitud vertical base del deformímetro – Esquina del murete (cm)
- $L_H$  : Longitud horizontal base del deformímetro – Esquina del murete (cm)



- $G_m$  : Módulo de elasticidad

### Formas de falla

Los muretes M-01, M-02 y M-03 presentaron fallas en las juntas debido a la tensión diagonal, un indicador de que la adherencia entre los bloques de concreto y el mortero es inadecuada. Sin embargo, el murete M-04 y M-05 exhibió una falla mixta por tensión diagonal y tensión diagonal en juntas.

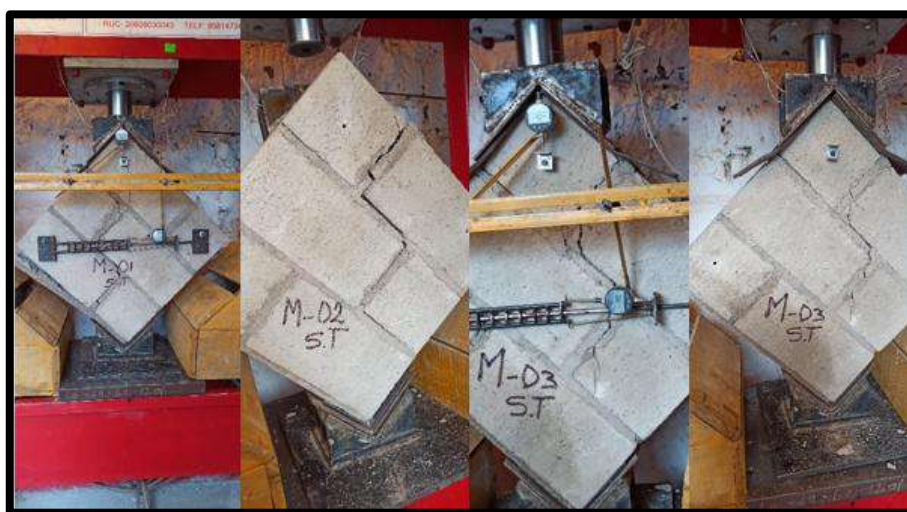


Figura 16 — Formas de falla de los muretes M – 01, M – 02 y M - 03



Figura 17 — Formas de falla de los muretes M – 04 y M - 05



Figura 18 — Formas de falla de los muretes con tarrajeo

### 3.2.1.5 Resistencia de las prismas de albañilería según la norma E.070

La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) y al corte ( $v'm$ ) se determinará de manera empírica, recurriendo a tablas o registros de resistencia de las unidades, o mediante ensayos de prismas, según corresponda a la importancia de la edificación y a la zona sísmica en la que esta se ubique, conforme a lo indicado en la Tabla 5.

Tabla 5 — Métodos para determinar  $f'm$  y  $v'm$

RESISTENCIA CARACTERISTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona sísmica			Zona sísmica			Zona sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$(f'm)$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$(v'm)$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

FUENTE: Norma E.070 Albañilería

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero



B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.605 y 339.621.

Cuando se realice la construcción de conjuntos de edificios, deberá verificarse la resistencia de la albañilería, tanto  $f'm$  como  $v'm$ , a través de ensayos de laboratorio realizados antes y durante la ejecución de la obra. Para los ensayos previos a la construcción, se elaborarán cinco especímenes. Durante el desarrollo de la obra, la resistencia será verificada mediante ensayos correspondientes.

En caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la tabla 6, correspondiente a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando las unidades son de arcilla) y 1: 1/2: 4 (cuando la materia prima es sílice – cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos

**Tabla 6 — Resistencias características de la albañilería Mpa(kg/cm<sup>2</sup>)**

<b>Materia Prima</b>	<b>Denominación</b>	<b>UNIDAD</b> f'b	<b>PILAS</b> f'm	<b>MURETES</b> v'm
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice - cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

FUENTE: Norma E.070 Albañilería

(\*) Utilizados para la construcción de Muros Armados

El módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y el módulo de corte ( $G_m$ ) para albañilería se considerará como sigue:

- Unidades de arcilla:  $E_m = 500f'm$



- Unidades de sílico – calcáreas:  $E_m = 600f'm$
- Unidades de concreto vibrado:  $E_m = 700f'm$
- Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0,4E_m$

Opcionalmente, los resultados de “Em” y “Gm” podrán calcularse experimentalmente según se especifica en el Artículo 13 de la Norma E.070 de Albañilería.

### 3.2.1.6 Verificación del diseño sísmico de muros según la norma E.070

#### a) Verificación del esfuerzo axial máximo

La norma exige evaluar el esfuerzo axial actuante en cada muro considerando las cargas verticales combinadas con los efectos sísmicos. Dicho esfuerzo no debe superar la capacidad de compresión del material, la cual depende de:

- La resistencia a compresión de las unidades.
- La resistencia del mortero.
- La resistencia del prisma.

El diseño debe garantizar que la carga axial máxima permanezca dentro de los límites normativos, evitando el aplastamiento del muro o una reducción significativa de su capacidad lateral.

La expresión normativa para el esfuerzo axial máximo es:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0.2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'_m$$

Donde:

L : Longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados)

De no cumplirse esta expresión habrá que mejorar la calidad de la albañilería ( $f'_m$ ), aumentar el espesor del muro, transformarlo en concreto armado, o ver la manera de reducir la magnitud de la carga axial “Pm”.



La carga axial actuante en un muro puede reducirse, por ejemplo utilizando losas de techo macizas o aligeradas armadas en dos direcciones.

Donde:

L: Longitud total del muro (incluyendo el peralte de columnas en muros confinados).

Si la expresión no se cumple, la norma plantea alternativas como: mejorar la calidad de la albañilería (aumentar  $f'_m$ ), incrementar el espesor del muro, emplear concreto armado o reducir la carga axial  $P_m$ , lo cual puede lograrse utilizando losas macizas o aligeradas armadas en dos direcciones.

#### b) Fisuramiento en muros de albañilería

Durante la acción sísmica, los muros pueden desarrollar fisuras asociadas a esfuerzos de tracción o flexión. La E.070 exige controlar su formación para evitar pérdidas de rigidez o estabilidad. El excesivo fisuramiento indica una redistribución no deseada de esfuerzos y una disminución de la capacidad resistente. Para ello, el diseño debe asegurar:

- Refuerzo horizontal y vertical adecuado.
- Relación de esbeltez dentro de los límites permitidos.
- Tensiones de tracción menores a los valores admisibles.

La verificación se realiza mediante la expresión que controla la aparición de fisuras por corte:

$$V_e \leq V_m = \text{Fuerza Cortante Admisible}$$

Donde:

$V_e$ : Fuerza cortante producida por el “sismo moderado” en el muro de análisis

$V_m$ : Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería



**c) Densidad mínima de muros reforzados**

La norma establece que la edificación debe contar con una densidad mínima de muros portantes reforzados por dirección, la cual se determina mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Donde:

- Z: Factor de zona sísmica.
- U: Factor de uso o importancia.
- S: Factor de suelo, según la E.030.
- N: Número de pisos del edificio.
- L: Longitud total del muro en análisis.
- t: Espesor efectivo del muro.

Si la densidad mínima no se cumple, se puede aumentar el espesor de algunos muros o incorporar placas de concreto armado. En este último caso, la norma exige amplificar el espesor de la placa mediante la relación  $E_c/E_m$ , donde  $E_c$  y  $E_m$  son los módulos de elasticidad del concreto y la albañilería, respectivamente.

La verificación de esta densidad mínima garantiza la presencia de suficiente área resistente para soportar fuerzas sísmicas en ambas direcciones principales del edificio.

**d) Verificación del agrietamiento por agrietamiento**

Los muros de albañilería están expuestos a esfuerzos cortantes inducidos por la acción sísmica. La E.070 exige comprobar que la tensión cortante no exceda la resistencia del material, ya que el agrietamiento diagonal puede generar fallas frágiles. La norma establece límites de cortante permisible, requerimientos mínimos de refuerzo y restricciones geométricas (como la relación altura/longitud).

La resistencia al corte en cada entrepiso debe cumplir:



$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$$

Donde:

- $\sum V_{mi}$ : Sumatoria de resistencias al corte.
- $V_{Ei}$ : Fuerza cortante actuante en el entre piso “i” del edificio.

Adicionalmente, para albañilería confinada, el artículo 27 establece que, en cada entrepiso superior al primero, se cumpla:

$$V_{mi} > V_{ui}$$

Donde:

- $V_{mi}$ : Cortante de agrietamiento diagonal en cada entre piso “i”.
- $V_{ui}$ : fuerza cortante en cada entre piso “i”.

Estas verificaciones permiten garantizar un comportamiento dúctil y evitar fallas repentinas en los niveles inferiores, donde se concentra la mayor demanda sísmica.

#### e) Desempeño sísmico según la Norma E.070

El diseño sísmico de muros de albañilería busca garantizar que:

- No se produzcan fallas frágiles por compresión, tracción o cortante.
- La estructura mantenga estabilidad y rigidez durante el movimiento sísmico.
- La resistencia del muro sea suficiente frente a las demandas establecidas por la Norma E.030.

El cumplimiento integral de estas verificaciones asegura un desempeño adecuado, permitiendo la disipación de energía y la protección de la integridad estructural durante eventos sísmicos.

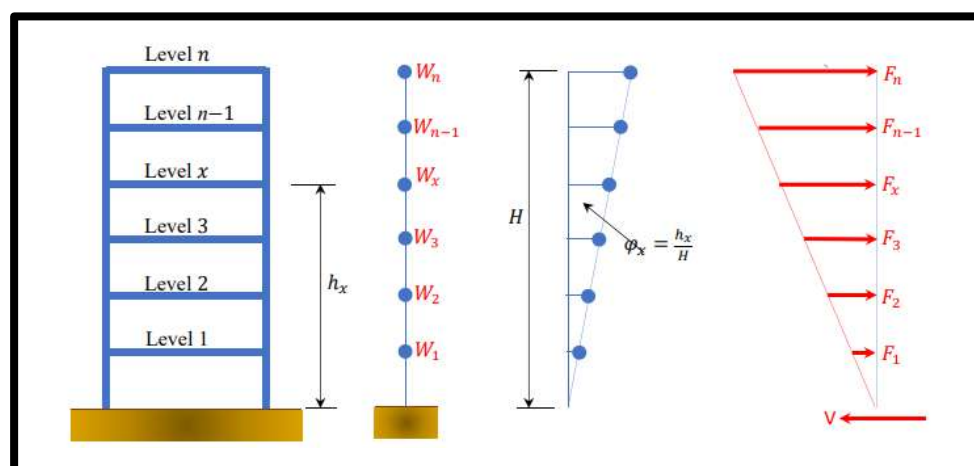


### 3.2.2 Comportamiento estructural

Es el modo en que una estructura responde y se comporta bajo diversas cargas y condiciones (Eski, Sayin y Günes, 2020).

#### 3.2.2.1 Análisis estructural

Se refiere a la anticipación de la respuesta de las estructuras ante cargas externas específicas y arbitrarias. En la fase inicial del análisis, se analiza la posible carga externa que pueda afectar a una estructura, y se dimensionan los elementos interconectados de la estructura basándose en estas cargas estimadas. El análisis estructural define la conexión entre la carga externa anticipada en un componente estructural y las tensiones y desplazamientos internos asociados en la estructura que se generan cuando dicho componente está en uso (Udoeyo, 2020).



**Figura 19 — Procedimiento de fuerza lateral equivalente**

FUNTE: (Udoeyo, 2020).

#### a) Peso sísmico

Según Giri et al. (2019), se define como la carga sísmica que se calcula tomando la mitad de la altura de los pisos adyacentes y sumando las cargas muertas y las cargas vivas sísmicas. En otras palabras, representa la fuerza sísmica que actúa sobre la estructura y se determina considerando la masa de la edificación, que incluye tanto las cargas permanentes o muertas y las cargas variables que pueden estar presentes durante un evento sísmico.

Cabe precisar que el RNE (2018), menciona que:

- En las categorías A y B, se considera el 50% de la carga variable.
- Los edificios de la categoría C, consideran el 25% de la carga variable.
- En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- En techos de forma general se considera el 25% de carga variable.

## b) Análisis estático

Acorde a la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018, este análisis representa las fuerzas sísmicas mediante un conjunto de fuerzas aplicadas en el centro de masas de cada nivel de la edificación. Este enfoque es válido para construcciones tanto de diseño uniforme como desigual que se encuentren en la región sísmica 1. En áreas sísmicas distintas, es aplicable a construcciones convencionales de hasta 30 metros de altura y a estructuras que contengan muros portantes de concreto armado o mampostería armada o confinada, siempre que no superen los 15 metros de altura, incluso si presentan irregularidades.

### - Fuerza cortante en la base

La expresión siguiente permite calcular la suma de las fuerzas cortantes en el nivel inferior de la estructura para la dirección considerada.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Se precisa que C/R no puede ser menor a:

$$C/R \geq 0.11$$

### - Distribución de la fuerza sísmica

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i, en la dirección estimada, se calculan utilizando la siguiente ecuación:

$$F_i = \alpha_i \cdot V \quad \alpha_i = \frac{P_i x (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j x (h_j)^k}$$

En esta fórmula, "n" corresponde al total de niveles del edificio, mientras que "k" denota un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T) en la dirección particular. El valor de k se determina según la siguiente fórmula:



- Para  $T \leq 0,5$  segundos:  $k = 1,0$ .
- Para  $T > 0,5$  segundos:  $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$ .

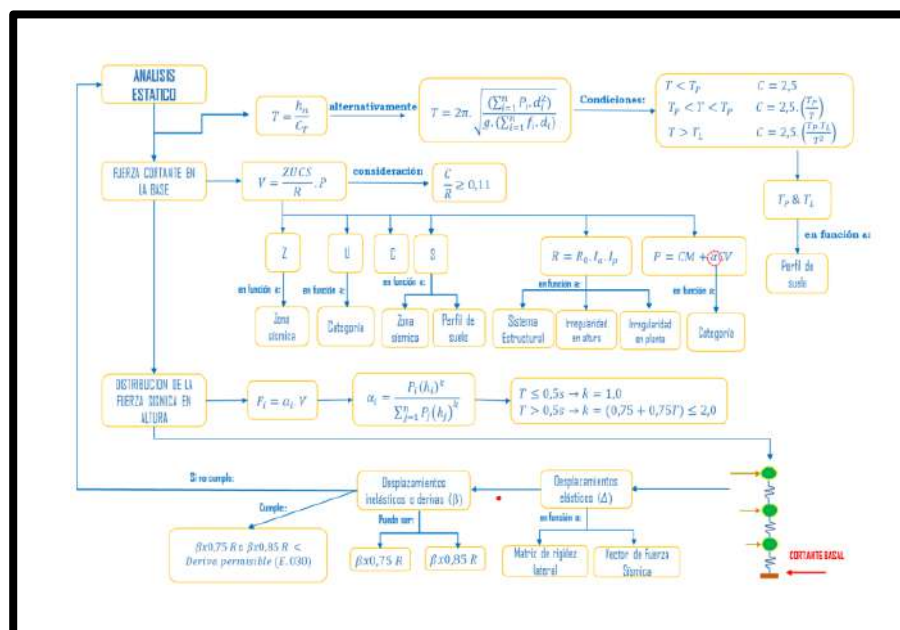


Figura 20 — Esquema del análisis estático o fuerzas estáticas equivalentes

FUENTE: (Rupay et al, 2022)

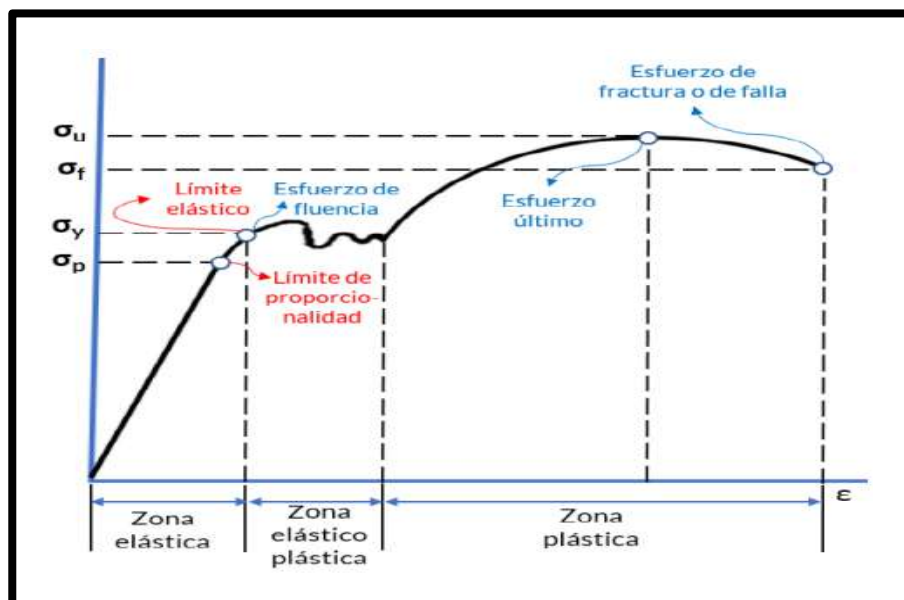


Figura 21 — Diagrama de esfuerzo deformación

FUENTE: (Rivera, 2023)



c) **Análisis dinámico modal espectral**

Según la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018, el análisis dinámico modal espectral es un procedimiento de cálculo estructural que permite estimar la respuesta sísmica de una edificación considerando sus diferentes modos de vibración frente a un movimiento sísmico.

- **Modos de vibración**

para el análisis dinámico modal espectral deben considerarse tantos modos como sean necesarios hasta que la masa modal efectiva acumulada en cada dirección principal alcance por lo menos el 90%, garantizando así que la respuesta dinámica de la estructura quede adecuadamente representada.

- **Aceleración espectral**

De acuerdo con la Norma E.030, este parámetro se obtiene a partir del espectro de respuesta sísmico, normalmente considerando un 5% de amortiguamiento, y se expresa en múltiplos de la aceleración de la gravedad (g).

En síntesis, la aceleración espectral constituye un valor fundamental para determinar las fuerzas sísmicas de diseño que deben aplicarse en el análisis estructural.

- **Fuerza cortante mínima**

La fuerza cortante mínima corresponde al valor más bajo de la acción sísmica horizontal que debe considerarse en el diseño estructural. Su aplicación busca evitar que, en los casos donde el análisis dinámico modal espectral proporcione resultados reducidos, la edificación quede insuficientemente diseñada frente a la acción sísmica. La Norma E.030 establece que la cortante basal obtenida por el análisis espectral no debe ser menor al 80% del cortante calculado mediante el método estático equivalente; en caso contrario, el resultado debe ajustarse hasta cumplir con este límite.



### 3.2.2.2 Validación estructural

Según la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, la validación estructural consiste en comprobar que el modelo de análisis empleado represente adecuadamente el comportamiento real de la edificación frente a cargas sísmicas. Este proceso implica verificar que las hipótesis, parámetros y simplificaciones usadas en el diseño permitan obtener resultados confiables y coherentes con la respuesta estructural esperada, garantizando así la seguridad y el desempeño de la construcción.

#### a) Desplazamiento y distorsiones admisibles

De acuerdo con la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, los desplazamientos y distorsiones admisibles son los límites permitidos de movimiento lateral y de deformación entre pisos que puede presentar una edificación durante la acción sísmica. Estos márgenes buscan garantizar que, aunque la estructura soporte las fuerzas del sismo, no se generen daños graves en los elementos no estructurales ni se comprometa la seguridad de los usuarios.

En la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, los factores  $0.75R$  y  $0.85R$  cumplen funciones específicas en el análisis estructural:

- El factor  $0.75R$  se emplea en el análisis modal espectral con el fin de garantizar que la fuerza cortante basal obtenida no sea menor al 75% de la calculada mediante el método estático equivalente. Este criterio evita que el análisis dinámico reduzca en exceso la demanda sísmica considerada en el diseño.
- El factor  $0.85R$  se aplica en la evaluación de desplazamientos y derivas entre pisos, donde los valores obtenidos en el análisis se multiplican por dicho factor. Esto permite representar de manera más realista el comportamiento inelástico de la edificación y, al mismo tiempo, verificar que las deformaciones no superen los límites admisibles establecidos por la norma.



Tabla 7 — Parámetros de distorsión

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	( $\Delta_i / h_{ei}$ )
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

FUENTE: (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018)

### 3.1 Marco conceptual

- a) **Albañilería:** es un sistema constructivo que utiliza unidades manufacturadas naturales, como ladrillos o bloques, unidas entre sí mediante mortero fresco. Este método de construcción es ampliamente utilizado en diversas edificaciones a nivel mundial, formando parte significativa del inventario de estructuras existentes (Turcano, 2020).
- b) **Ductilidad:** se refiere a la propiedad de un material de poder deformarse sin sufrir fracturas. En términos simples, es la capacidad de mantener su estabilidad estructural bajo tensiones, permitiendo que el material se deforme sin romperse. La predicción de la ductilidad puede ser desafiante, ya que está influenciada por diversos factores microestructurales y experimentales (Ruano, Carreño y Carsi, 2018).
- c) **Rigidez:** Se alude a la habilidad de un sistema o elemento para soportar deformaciones o movimientos cuando se somete a cargas externas (Gimranov y Fattkhova, 2020)
- d) **Resistencia:** Es la capacidad de los elementos o materiales de una estructura para soportar cargas y tensiones sin experimentar fallas. Se calcula teniendo en cuenta las previsiones de la resistencia del material, el endurecimiento por deformación y la potencial disminución de la resistencia causada por la aplicación repetida de cargas cíclicas (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).
- e) **Cargas:** son las influencias que surgen a causa del peso de los materiales de construcción, de los ocupantes y sus posesiones, además de los efectos ambientales, desplazamientos diferenciales y cambios dimensionales limitados (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).



- f) **Espectro sísmico:** es la representación gráfica de las variaciones en la amplitud de las ondas sísmicas en función de su frecuencia. Este término se utiliza de manera amplia para describir no solo el espectro generado directamente por la fuente de un terremoto, sino también para incluir los efectos de la ruta y del sitio (Wang, 2019).
- g) **Vulnerabilidad:** es el grado en que una edificación puede sufrir daños frente a un sismo, en función de su diseño, materiales y estado de conservación (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).
- h) **Excentricidad:** la excentricidad es la distancia entre el centro de masas y el centro de rigidez de un piso, la cual genera torsiones adicionales que deben considerarse en el diseño sismorresistente (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).



## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

##### 4.1.1 Tipo de investigación

Según Polonia et al. 2020, el tipo de investigación aplicada, busca resolver problemas prácticos y su objetivo principal es la aplicación práctica. Aunque emplea la teoría, su propósito fundamental es contribuir a la resolución de situaciones prácticas, relegando a un plano secundario la generación de conocimiento teórico.

En base a lo antes argumentado, la investigación fue aplicada debido a que busca abordar la estructura y comportamiento de edificaciones específicas en una ubicación determinada como lo es Abancay y busca aplicar los conocimientos teóricos en ingeniería estructural para analizar y mejorar la seguridad y eficiencia de estas construcciones particulares.

##### 4.1.2 Nivel de investigación

Este nivel explicativo se distingue por establecer relaciones de causa y efecto entre las variables estudiadas. Esta investigación es más detallada y estructurada. En este contexto, se identifican variables independientes (como las causas) y variables dependientes (como los efectos), y se formulan hipótesis que permiten establecer relaciones causales (Arias y Covinos, 2021).

Por lo antes mencionado, la investigación fue de nivel explicativo debido a que se busca comprender las relaciones causales entre las propiedades de los bloques de concreto y su influencia en el comportamiento estructural de edificaciones. Cabe resaltar que, al realizar ensayos para obtener las propiedades de los bloques de concreto, se va más allá de la descripción de sus características. Se pretende identificar las causas y efectos específicos que vinculan esas propiedades con el rendimiento estructural de las edificaciones.



## 4.2 Diseño de la investigación

La investigación no experimental, en su enfoque de diseño, prescinde de la aplicación de estímulos o condiciones experimentales a las variables en estudio. En este tipo de investigación, los participantes son evaluados en su entorno natural, sin realizar ninguna modificación o alteración a la situación existente (Arias y Covinos, 2021).

En el contexto, la investigación se centró en la observación y análisis de las propiedades de los bloques de concreto en condiciones naturales, sin la aplicación de cambios deliberados. La recopilación y evaluación de datos se realizó para comprender el comportamiento estructural en condiciones reales y no como resultado de intervenciones experimentales específicas. Cabe resaltar, que incluso cuando se realizan ensayos para identificar propiedades de los bloques de concreto con y sin tarrajeo. La razón radica en que, a pesar de los ensayos, no se estaría manipulando activamente variables ni aplicando intervenciones planificadas en un entorno controlado.

## 4.3 Descripción ética de la investigación

El trabajo investigativo buscó brindar un alcance de la posible vulnerabilidad de edificaciones con la combinación de sistemas de pórticos armados y albañilerías conformada por bloques de concreto en la localidad de Abancay. Por lo cual, la investigación brindó garantía acorde al principio de competencia profesional y científica debido a que el autor posee las actitudes y capacidades en ingeniería estructural, las cuales son necesarias, para asegurar la calidad y validez de los resultados. De la misma forma se tuvo presente el principio de justicia, para garantizará la equidad en el acceso a información relevante y la participación abierta de todos los sujetos, además de su trato igualitario. También se consideró el principio de transparencia, debido a lo fundamental que es, ya que se detallará de manera documentada los métodos, datos y resultados, y porque sobre todo se puede replicar. Asimismo, el principio de probidad guio la conducta ética en todas las fases, evitando prácticas deshonestas y porque todo lo que se expondrá en el estudio será verás, de manera de preservar la credibilidad de la investigación.

## 4.4 Población y muestra

### 4.4.1 Población

La población estuvo conformada por 624 edificaciones ubicadas en el centro poblado de Patibamba Baja, en la ciudad de Abancay, que presentan cinco niveles



y emplean un sistema estructural compuesto por pórticos armados y muros de albañilería conformados con bloques de concreto.

#### **4.4.2 Muestra**

La muestra estuvo constituida por una edificación de cinco niveles, localizada en la Av. Juan Pablo Castro S/N, en el centro poblado de Patibamba Baja, Abancay. Esta unidad fue seleccionada mediante muestreo por conveniencia, debido a su accesibilidad y disponibilidad para efectuar una verificación estructural detallada.

### **4.5 Procedimiento**

#### **Primera etapa: Planificación y recopilación de información**

Esta fase constituye el punto de partida del estudio. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva para situar la investigación dentro del marco teórico existente sobre sistemas estructurales y análisis sísmico. Asimismo, se definieron con precisión las variables y dimensiones críticas, desglosando el tema en aspectos específicos que permitan una evaluación detallada. Paralelamente, se ejecutó ensayos de laboratorio destinados a obtener las propiedades mecánicas de los bloques de concreto utilizados en las edificaciones analizadas. Estos ensayos proporcionaron información esencial sobre resistencia, densidad y otras características relevantes del material.

#### **Segunda etapa: Ejecución y análisis**

Con las propiedades mecánicas ya determinadas, la investigación avanzó hacia la incorporación de dichos datos en un software de análisis estructural como ETABS. En esta fase se modeló la edificación de cinco niveles, considerando el sistema estructural de pórtico armado y la albañilería conformada con bloques de concreto. A través de simulaciones, se evaluará el comportamiento de la estructura frente a cargas sísmicas, analizando irregularidades, derivas y el desempeño de los muros portantes.

#### **Tercera etapa: Validación y conclusión**

Finalmente, se procedió a comparar los resultados obtenidos del análisis estructural con los parámetros establecidos en la normativa vigente. Se verificó si la edificación cumplió con los criterios de seguridad y resistencia sísmica exigidos. Esta comparación permitió evaluar el desempeño global del sistema estructural y, de ser necesario, proponer ajustes o mejoras orientadas a asegurar la estabilidad e integridad de la edificación frente a eventos sísmicos.



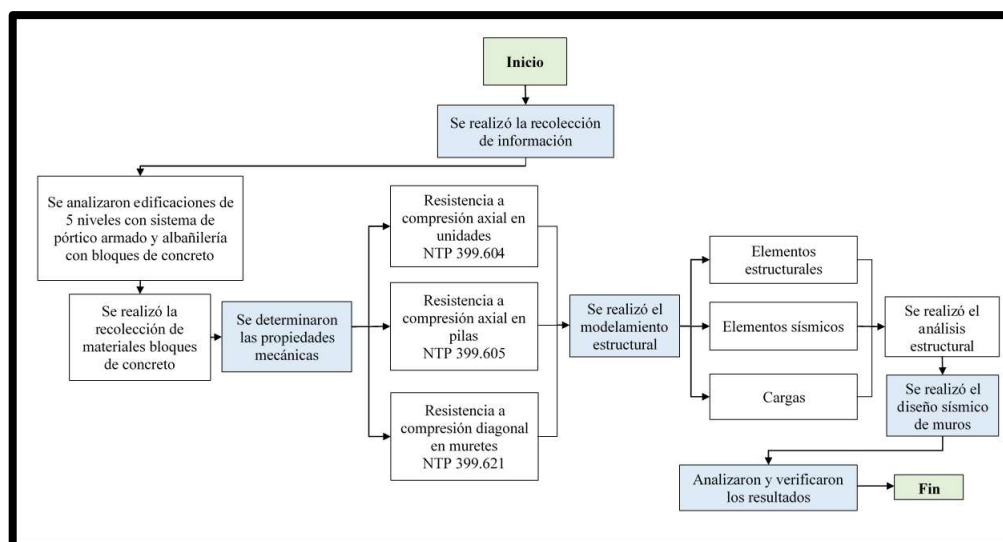


Figura 22 — Flujograma del procediendo de la investigación

## 4.6 Técnica e instrumentos

### 4.6.1 Técnicas

#### 4.6.1.1 Revisión documental

Involucra la revisión y análisis de documentos, materiales y diversos artefactos que proporcionen datos cualitativos o cuantitativos relevantes. Estos recursos pueden ser fundamentales para obtener una comprensión profunda del fenómeno bajo estudio (Hernandez y Mendoza, 2018).

La técnica de revisión documental se aplicó principalmente en la planificación del estudio. En la etapa de planificación, el investigador realizó una verificación exhaustiva de la literatura previa relacionada con el análisis estructural de sistemas pórtico armado y albañilería conformados por bloques de concreto.

#### 4.6.1.2 Simulación estructural computarizada

La simulación computarizada es una herramienta con un alto potencial en la evaluación de sistemas. Se utiliza para buscar un nivel óptimo de variables de decisión en un sistema ya que permite mejorar la solución sugerida (Tanhaeean, Ghaderi y Sheikhalishahi, 2023).

La técnica de simulación estructural computarizada se aplicó en la etapa de ejecución y análisis del estudio. El investigador utilizó software

especializado, como ETABS, para modelar y simular el comportamiento estructural de la combinación de sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles.

## 4.6.2 Instrumentos

### 4.6.2.1 Ficha de registro

El instrumento empleado fue la Ficha de Registro de Ensayos de Albañilería, elaborada específicamente para documentar los valores obtenidos en los ensayos de:

- Resistencia a compresión axial en unidades de bloques de concreto (NTP 399.604)
- Resistencia axial en pilas de albañilería (NTP 399.605)
- Resistencia a compresión diagonal en muretes (NTP 399.621)

Este instrumento permitió organizar datos cuantitativos, características del espécimen, parámetros de carga, modo de falla y resistencia final, asegurando uniformidad y trazabilidad en la recolección.

### 4.6.2.2 Software de modelamiento

Aplicaciones informáticas especializadas, como ETABS o SAP2000, utilizadas para crear modelos virtuales de estructuras y realizar análisis estructurales. Este tipo de software permite simular el comportamiento de la edificación bajo diversas condiciones, evaluar la resistencia y la estabilidad, y obtener resultados detallados.

### Validación

La validez, de manera general, es entendida como el nivel de precisión con el que un instrumento logra evaluar realmente la variable que desea medir. Esto implica que sus indicadores empíricos representen de forma adecuada el concepto teórico al que están asociados (Hernandez y Mendoza, 2018).

La precisión del instrumento puede ser corroborada por especialistas, quienes verifican su viabilidad y funcionamiento. Esta revisión se



complementa con el certificado de calibración emitido por el responsable del Laboratorio de Estructuras. En el anexo 7 se presentan los profesionales que participaron en la validación, junto con el análisis detallado de sus juicios de expertos.

**Tabla 8 — Juicio de expertos**

Nombres y Apellidos	Categoría	Especialidad	Índice de validación
Willie Alvarez Chávez	Doctor	Metodólogo	4
Rosmery S. Pozo Enciso	Doctora	Metodóloga	4
Maryluz Cuentas Toledo	Magister	Estadístico	4
Danilo Saavedra Oré	Magister	Estructuras	4
Luis Alberto Benites Quispecahuana	Magister	Estructuras	4

Se procedió a sumar las calificaciones otorgadas conforme a la escala de valoración tipo Likert de cinco puntos (1 al 5), donde “1” corresponde a deficiente, “2” a regular, “3” a buena, “4” a muy buena y “5” a excelente. Para determinar la validez de contenido del instrumento o cuestionario, se empleó el Índice de Validez de Contenido (I-CVI), el cual se obtiene a partir del juicio de especialistas. Dicho índice se calculó siguiendo el método planteado por Lawshe (1975) y posteriormente ajustado por Tristán (2008). De acuerdo con este modelo, un valor de CVI superior a 0.58 se considera aceptable y debe estar sustentado en la evaluación de al menos ocho ítems o más (Puerta y Marín, 2015).

$$\text{Índice de juicio de expertos} = \frac{\text{Suma de los varoles asignados por los expertos}}{\text{Número total de expertos}}$$

$$\text{Índice de juicio de expertos} = \frac{4 + 4 + 4 + 4 + 4}{4}$$

$$\text{Índice de juicio de expertos} = 4$$



La validación empleó una escala de valoración que va de 1 a 5, donde 1 corresponde a deficiente, 2 a regular, 3 a buena, 4 a muy buena y 5 a excelente. Los resultados muestran que, según el juicio de los expertos, la calificación obtenida ubica al instrumento en el nivel de **muy buena**.

$$1 - CV = \frac{\text{Número de expertos que califican de 3 a 5}}{\text{Número total de expertos}}$$

$$1 - CV = \frac{5}{5}$$

$$1 - CV = 1.0$$

Un I-CVI igual a 1.0 refleja que la totalidad de los especialistas coincidió en que el instrumento es válido, pues logra medir de manera precisa la variable para la cual fue diseñado. Además, este valor supera ampliamente el mínimo requerido para ser considerado aceptable.

#### 4.7 Análisis estadístico

El estudio hizo uso de la estadística descriptiva a partir de la información recolectada en el trabajo de campo. Con dichos resultados se plantearán las inferencias correspondientes, contrastando la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alterna ( $H_a$ ), bajo las reglas de decisión establecidas y con un nivel de confianza del 95%. Para el análisis de los datos se considerarán principalmente la media aritmética y la desviación estándar.

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

Donde:

- $x_i$ : Valor de la muestra
- $n$ : Tamaño de muestra
- $\bar{x}$ : Media de una muestra
- $s$ : desviación estándar de una muestra



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de resultados

##### 5.1.1 Determinar las propiedades mecánicas de resistencia a compresión de la unidad ( $f'_b$ ), de las pilas ( $f'_m$ ), módulo de elasticidad de pilas ( $E_m$ ) y resistencia compresión diagonal de los muretes ( $V'_m$ ) de albañilería construidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, 2024.

El equipo de investigación realizó ensayos exhaustivos para clasificar las unidades de albañilería conforme a los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana E.070. Para ello, se ejecutaron pruebas de compresión axial en unidades de albañilería según la NTP 399.604, ensayos en pilas de acuerdo con la NTP 399.605 y en muretes conforme a la NTP 399.621. Asimismo, se elaboraron prismas de albañilería con el fin de determinar la resistencia característica a compresión axial ( $f'_m$ ), el módulo de elasticidad ( $E_m$ ), la resistencia característica a fuerza cortante pura ( $V'_m$ ) y el módulo de corte ( $G_m$ ).

Los resultados obtenidos en el laboratorio proporcionan valiosa información para la clasificación de las unidades del bloque de concreto y la evaluación de su desempeño estructural.

A continuación, se detalla las propiedades mecánicas de los bloques de concreto:

- a. Resistencia axial a la compresión de unidades de albañilería  $f'_b$
- b. Resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería  $f'_m$ 
  - Resistencia a compresión axial en pilas de bloques de concreto sin tarrajeo
  - Resistencia a compresión axial en pilas de bloques de concreto con tarrajeo
- c. Módulo de elasticidad de pilas de albañilería  $E_m$ 
  - Módulo de elasticidad de pilas de concreto sin tarrajeo
  - Módulo de elasticidad de pilas de concreto con tarrajeo
- d. Resistencia a compresión diagonal de muretes  $V'_m$ 
  - Resistencia a compresión diagonal de muretes sin tarrajeo



- Resistencia a compresión diagonal de muretes con tarrajeo
- e. Módulo de corte de muretes Gm
- Módulo de corte en muretes sin tarrajeo
  - Módulo de corte en muretes sin tarrajeo



**Tabla 9 — Resultado del ensayo a compresión axial en unidades de bloques de concreto**

Especímen	Largo (cm)		Ancho (cm)		Alto (cm)		Promedio (cm)			Área de apoyo	Carga máxima	fb
	L1	L2	A1	A2	E1	E2	L	A	E	cm <sup>2</sup>	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>
U - 01	40.10	40.10	12.00	12.10	20.00	19.90	40.10	12.05	19.95	483.21	7673.00	15.88
U - 02	40.10	40.10	11.90	12.00	19.80	19.90	40.10	11.95	19.85	479.20	6881.00	14.36
U - 03	40.00	40.10	12.00	12.00	19.80	19.90	40.05	12.00	19.85	480.60	7113.00	14.80
U - 04	40.50	40.00	12.00	12.10	19.90	19.90	40.25	12.05	19.90	485.01	9082.00	18.73
U - 05	40.20	40.20	12.00	12.10	19.80	19.90	40.20	12.05	19.85	484.41	7287.00	15.04
										fb	15.76	Kgf/cm <sup>2</sup>
										σ	1.75	Kgf/cm <sup>2</sup>
										f'b	14.01	Kgf/cm <sup>2</sup>

Evaluación de los resultados:

La seguridad y la resistencia de los materiales son fundamentales en la construcción. Sin embargo, los resultados obtenidos en la evaluación de la unidad de Bloque P revelan una preocupante brecha entre la realidad y los estándares establecidos. La norma E.070 establece un valor mínimo aceptable de 50 kg/cm<sup>2</sup>, pero nuestros datos muestran un valor significativamente inferior: 14.01 kgf/cm<sup>2</sup>. Esto nos lleva a cuestionar la capacidad de esta unidad para soportar las cargas y tensiones que se esperan en un entorno de construcción. Es crucial abordar esta deficiencia para garantizar la seguridad y la integridad estructural de los proyectos.

**Tabla 10** — Resumen de resultados de bloques de concreto

Resistencia a la compresión $f_b$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	Clasificación norma E.070
14.01	Bloque P



**Figura 23** — Ensayo de bloque de concreto U - 02



**Figura 24** — Ensayo de bloque de concreto U - 04



**Figura 25** — Ensayo de bloque de concreto U - 05

**Tabla 11 — Resistencia a compresión axial en pilas de bloques de concreto sin tarrajeo**

Espécimen	Largo (cm)		Ancho (cm)		Alto (cm)		Promedio (cm)			Espesor del mortero	Esbeltez	Área de apoyo	P máx.	fm	Factor de corrección	fm corregido
	L1	L2	T1	T2	H1	H2	L	T	E	(cm)	(h/t)	cm <sup>2</sup>	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>		kgf/cm <sup>2</sup>
PL - 01	40.00	40.00	12.00	12.00	63.50	63.50	40.00	12.00	63.50	1.50	5.29	480.00	10820.00	22.54	1.00	22.54
PL - 02	40.00	40.00	12.00	12.00	63.50	63.50	40.00	12.00	63.50	1.50	5.29	480.00	8349.00	17.39	1.00	17.39
PL - 03	40.00	40.00	12.00	12.00	63.70	63.80	40.00	12.00	63.75	1.50	5.31	480.00	8966.00	18.68	1.00	18.68
PL - 04	40.00	40.00	12.00	12.00	64.30	64.30	40.00	12.00	64.30	1.50	5.36	480.00	9642.00	20.09	1.00	20.09
PL - 05	40.00	40.00	12.00	12.00	63.50	63.50	40.00	12.00	63.50	1.50	5.29	480.00	9082.00	18.92	1.00	18.92
														fb	19.52	Kgf/cm <sup>2</sup>
														σ	1.94	Kgf/cm <sup>2</sup>
														f'm	17.59	Kgf/cm <sup>2</sup>

Análisis de los logros.

La prueba de compresión axial realizada a los bloques de concreto sin tarrajeo arrojó resultados preocupantes, con una resistencia de apenas 17.59 kgf/cm<sup>2</sup>, muy por debajo del umbral mínimo establecido por la norma E.070 de albañilería, que es de 74 kg/cm<sup>2</sup>. Esto significa que los bloques no cumplen con los requisitos de calidad y seguridad, lo que podría comprometer la estabilidad y el buen funcionamiento de las estructuras que los utilicen.



Figura 26 — Instrumentación de las pilas



Figura 27 — Ensayo de las pilas PL-01, PL-02, PL-03

**Tabla 12 — Resistencia a compresión axial en pilas de bloques de concreto con tarrajeo**

Espécimen	Largo (cm)		Ancho (cm)		Alto (cm)		Promedio (cm)			Espesor del mortero (cm)	Esbeltez (h/t)	Área de apoyo (cm <sup>2</sup> )	P máx. (kgf)	fm (kgf/cm <sup>2</sup> )	factor de corrección	fm corregido (kgf/cm <sup>2</sup> )
	L1	L2	T1	T2	H1	H2	L	T	E							
PL - A	40.30	40.50	13.20	13.40	63.00	63.00	40.40	13.30	63.00	1.50	4.74	537.32	9044.00	16.83	0.99	16.66
PL - B	40.50	40.50	13.30	13.50	63.70	63.60	40.50	13.40	63.65	1.50	4.75	542.70	12596.00	23.21	0.99	22.98
PL - C	40.60	40.40	12.90	12.80	64.80	64.60	40.50	12.85	64.70	1.50	5.04	520.43	10357.00	19.90	1.00	19.90
PL - D	40.50	40.60	12.90	12.60	64.20	64.10	40.55	12.75	64.15	1.50	5.03	517.01	8059.00	15.59	1.00	15.59
PL - E	40.40	40.70	13.70	13.60	63.50	63.60	40.55	13.65	63.55	1.50	4.66	553.51	15126.00	27.33	0.99	27.05
													fm	20.44	Kgf/cm <sup>2</sup>	
													σ	4.70	Kgf/cm <sup>2</sup>	
													f'm	15.74	Kgf/cm <sup>2</sup>	

Análisis de los resultados.

La prueba de compresión axial aplicada a los bloques de concreto con tarrajeo evidenció resultados desfavorables, alcanzando solo una resistencia de 15.74 kgf/cm<sup>2</sup>, valor considerablemente bajo. Esta disminución no se debe a que el tarrajeo aporte menor resistencia, sino a que la desviación estándar se incrementa, a diferencia de los bloques sin tarrajeo, en los que dicha variación se mantiene controlada. Como consecuencia, los resultados muestran diferencias notables y se ubican muy por debajo del límite mínimo exigido por la Norma E.070 de Albañilería (74 kgf/cm<sup>2</sup>). Esto indica que los bloques no satisfacen las condiciones de calidad ni de seguridad requeridas, lo cual podría poner en riesgo la estabilidad y el desempeño adecuado de las estructuras construidas con ellos.



Figura 28 — Ensayo de pilas con tarrajeo PL-A y PL-B



Figura 29 — Ensayo de pilas con tarrajeo PL-C y PL-D

**Tabla 13 — Resumen de ensayos a compresión axial en pilas**

Norma E. 070	Ensayo en Pilas <b>sin</b> tarrajeo	Ensayo en Pilas <b>con</b> tarrajeo
	$f'_m$	$f'_m$
Bloque Tipo P (*)	Bloque de concreto	Bloque de concreto
74 kgf/cm <sup>2</sup>	17.59 kgf/cm <sup>2</sup>	15.74 kgf/cm <sup>2</sup>

Después de analizar los resultados, es claro que los bloques de concreto sin tarrajeo no cumplen con los estándares de resistencia establecidos en la norma E.070 de albañilería confinada. La resistencia a compresión axial requerida es de al menos 74 kgf/cm<sup>2</sup>, pero los resultados del ensayo en pilas sin tarrajeo solo alcanzaron 17.59 kgf/cm<sup>2</sup>, lo que representa solo el 23.77% de lo que se requiere. Esto significa que estos bloques no son adecuados para la construcción de muros portantes de albañilería.

Por otro lado, es sorprendente ver que la aplicación de tarrajeo tradicional no mejoró la resistencia a compresión axial de los bloques de concreto. De hecho, la resistencia se redujo en un 10.52% en comparación con las pilas sin tarrajeo. Esto es un indicador claro de que la aplicación de tarrajeo en este caso no es efectiva, y que la falla explosiva de estos bloques puede ser un factor que contribuye a la variabilidad en los resultados del ensayo. Es importante revisar y mejorar el proceso de aplicación de tarrajeo para asegurarse de que se estén utilizando los materiales de manera efectiva y segura.



**Tabla 14 — Pilas de bloques de concreto sin tarrajeo, módulo de elasticidad**

Especimen	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = (6)-(4)	(8) = (5)-(3)	(9) = (8)/(2)	10 = (7) / (1)	(9) / (10)
	Distancia L (cm)	Área m <sup>2</sup>	P máx. 20 % (kgf)	D 20 % (mm)	P máx. 60 % (kgf)	D 60 % (mm)	$\Delta D$ (cm)	$\Delta P$ (kgf)	$\Delta \sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma \epsilon$	Em kgf/cm <sup>2</sup>
PL - 01	57.50	480.00	5549.00	0.01	6611.00	0.130	0.0120	1062.00	2.21	0.0002	10601.563
PL - 02	58.70	480.00	1900.00	0.79	5047.00	1.55	0.0760	3147.00	6.56	0.0013	5063.840
PL - 03	63.70	480.00	1958.00	0.82	5433.00	2.06	0.1240	3475.00	7.24	0.0019	3719.044
PL - 04	58.20	480.00	2575.00	0.33	5935.00	0.72	0.0390	3360.00	7.00	0.0007	10446.154
PL - 05	63.70	480.00	1958.00	0.82	5819.00	2.07	0.1250	3861.00	8.04	0.0020	4099.095
									Em	6785.94	Kgf/cm <sup>2</sup>
									$\sigma$	3447.71	Kgf/cm <sup>2</sup>
									E' <sub>m</sub>	3338.23	Kgf/cm <sup>2</sup>

**Tabla 15 — Pilas de bloques de concreto con tarrajeo, módulo de elasticidad**

Espécimen	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=[(6)-(4)]	(8)=(5)-(3)	(9)=(8)/(2)	10 = (7)/(1)	(9)/(10)
	Distancia L (cm)	Área m <sup>2</sup>	P máx. 20 % (kgf)	D 20 % (mm)	P máx. 60 % (kgf)	D 60 % (mm)	ΔD (cm)	ΔP (kgf)	Δσ (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>ε</sub>	Em kgf/cm <sup>2</sup>
PL - A	56.50	537.32	2189.00	0.01	5607.00	0.680	0.0670	3418.00	6.36	0.0012	5364.296
PL - B	57.10	542.70	2633.00	0.74	7344.00	1.62	0.0880	4711.00	8.68	0.0015	5632.572
PL - C	57.10	520.43	2247.00	0.03	6379.00	1.49	0.1460	4132.00	7.94	0.0026	3105.170
PL - D	56.50	517.01	2189.00	0.01	5047.00	0.53	0.0520	2858.00	5.53	0.0009	6006.290
PL - E	57.00	553.51	3251.00	0.66	9237.00	1.61	0.0950	5986.00	10.81	0.0017	6488.801
									Em	5319.43	Kgf/cm <sup>2</sup>
									σ	1307.88	Kgf/cm <sup>2</sup>
									<b>E'm</b>	4011.54	Kgf/cm <sup>2</sup>

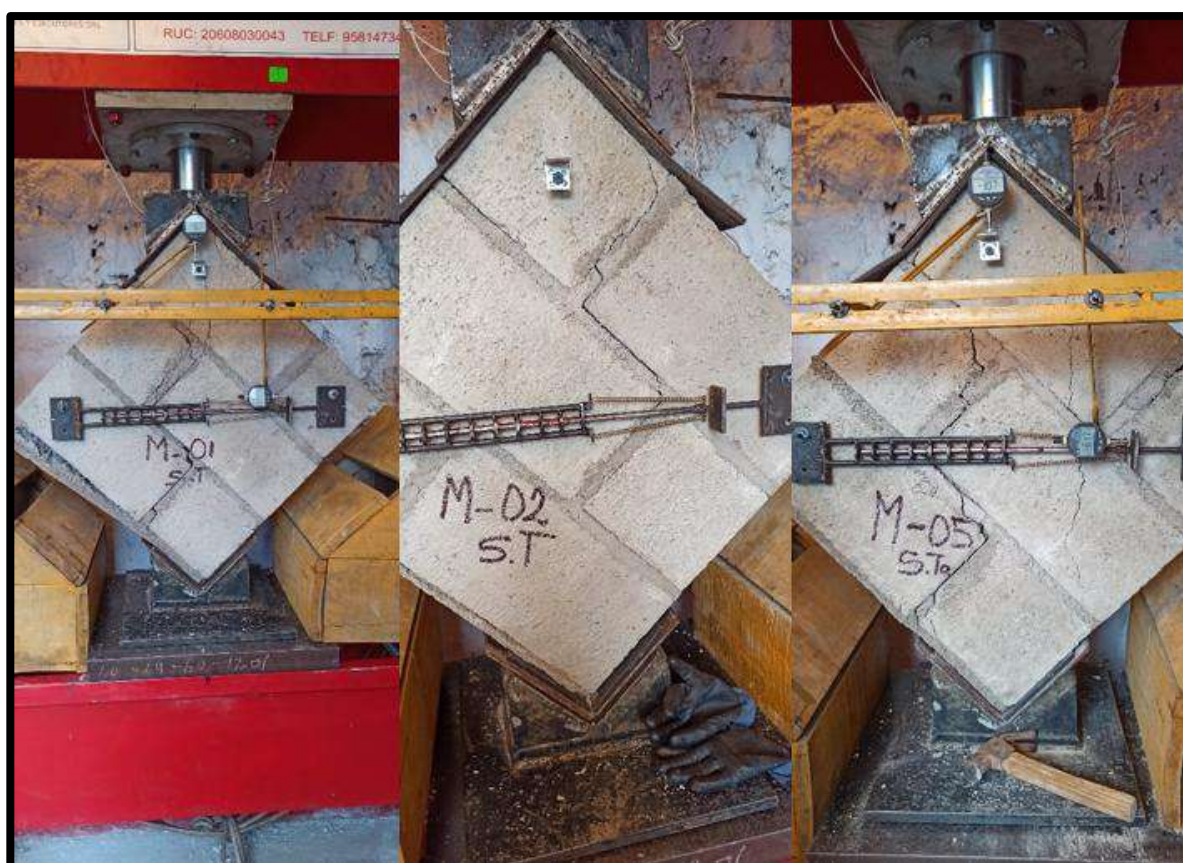
**Tabla 16 — Resumen de resultados, módulo de elasticidad en pilas**

Ensayo en Pilas sin tarrajeo <i>E'<sub>m</sub></i>	Ensayo en Pilas con tarrajeo <i>E'<sub>m</sub></i>
Bloque de concreto	Bloque de concreto
3338.23 kgf/cm <sup>2</sup>	4011.54 kgf/cm <sup>2</sup>

Al analizar los resultados del módulo de elasticidad de las pilas sin tarrajeo y con tarrajeo, se observa que la aplicación de tarrajeo incrementa el módulo de elasticidad en un 16.78%. Esto se refleja en los valores obtenidos, que pasan de 3338.23 kgf/cm<sup>2</sup> en las pilas sin tarrajeo a 4011.54 kgf/cm<sup>2</sup> en las pilas con tarrajeo.

**Tabla 17 — Resistencia a compresión diagonal de muretes sin tarrajeo**

Especímen	Dimensiones			P máx. kgf	L. Diagonal (cm)	Área cm <sup>2</sup>	Vm kgf/cm <sup>2</sup>	
	L (cm)	t (cm)	H (cm)					
M - 01	64.40	12.05	64.30	3425.00	91.00	1096.61	3.12	
M - 02	62.90	12.10	63.50	3077.00	89.38	1081.49	2.85	
M - 03	63.10	12.10	63.70	3811.00	89.66	1084.91	3.51	
M - 04	62.95	12.05	64.05	3695.00	89.81	1082.16	3.41	
M - 05	63.25	12.00	63.85	3811.00	89.87	1078.49	3.53	
						Vm	3.28	Kgf/cm <sup>2</sup>
						σ	0.29	Kgf/cm <sup>2</sup>
						V'm	2.99	Kgf/cm <sup>2</sup>



**Figura 30 — Ensayo de muretes sin tarrajeo M-01, M-02 y M-05**

Tabla 18 — Resistencia a compresión diagonal de muretes con tarrajeo

Especimen	Dimensiones			P máx. kgf	L. Diagonal (cm)	Área cm <sup>2</sup>	Vm kgf/cm <sup>2</sup>	
	L (cm)	t (cm)	H (cm)					
M - A	63.50	13.40	64.05	7055.00	90.19	1208.58	5.84	
M - B	62.90	13.05	62.95	6109.00	88.99	1161.31	5.26	
M - C	63.60	13.15	63.25	6225.00	89.70	1179.51	5.28	
M - D	63.05	12.95	63.40	6495.00	89.41	1157.91	5.61	
M - E	63.35	13.10	63.55	6495.00	89.73	1175.49	5.53	
						Vm	5.50	Kgf/cm <sup>2</sup>
						$\sigma$	0.24	Kgf/cm <sup>2</sup>
						<b>V'm</b>	5.26	Kgf/cm <sup>2</sup>



Figura 31 — Ensayo de muretes con tarrajeo M-A, M-B y M-C

**Tabla 19 — Resumen de resistencia a compresión diagonal en muretes**

Ensayo en Muretes <b>sin</b> tarrajeo $V'_m$	Ensayo en Muretes <b>con</b> tarrajeo $V'_m$
Bloque de concreto	Bloque de concreto
2.99 kgf/cm <sup>2</sup>	5.26 kgf/cm <sup>2</sup>

Es realmente impactante ver cómo la aplicación de tarrajeo puede mejorar la resistencia de los muretes. En este caso, el aumento en la resistencia diagonal es de un 56,84%, lo que es más de la mitad de la resistencia original. Esto es un resultado muy significativo, ya que muestra que la aplicación de tarrajeo puede tener un impacto muy positivo en la resistencia y la estabilidad de los muretes.



**Figura 32 — Ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes**

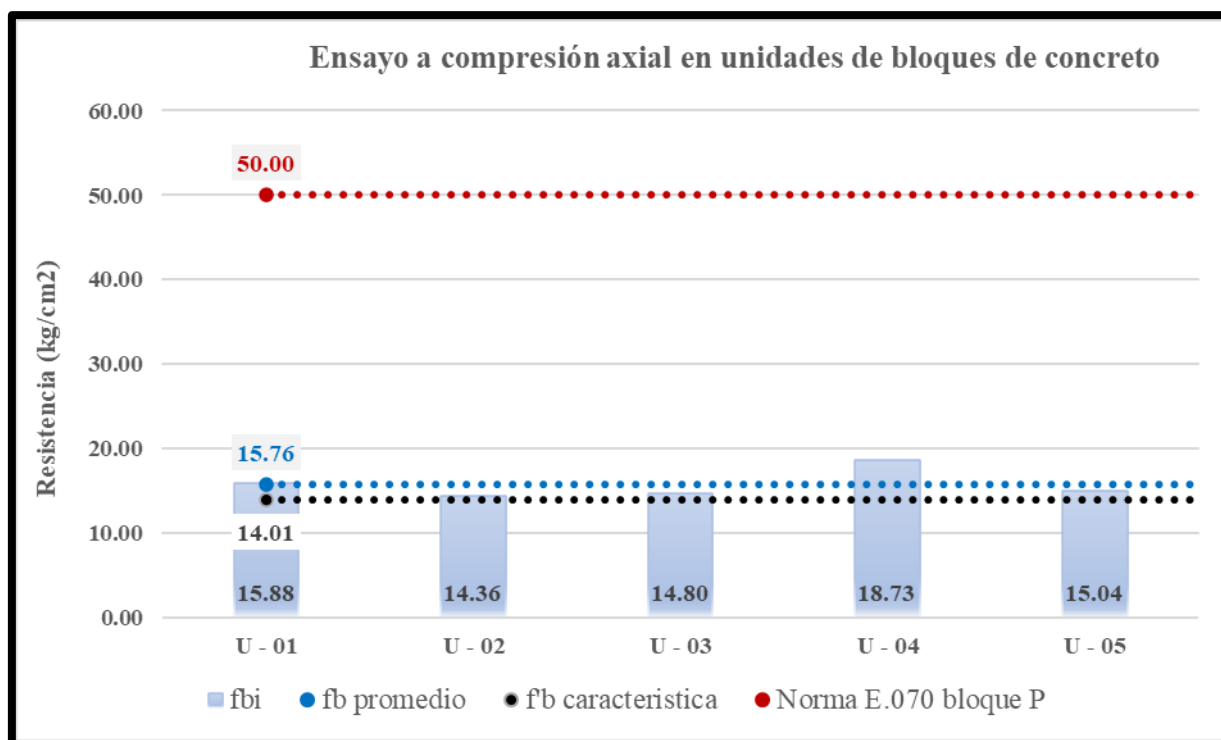


Figura 33 — Comparación de resultados en unidades de bloques de concreto

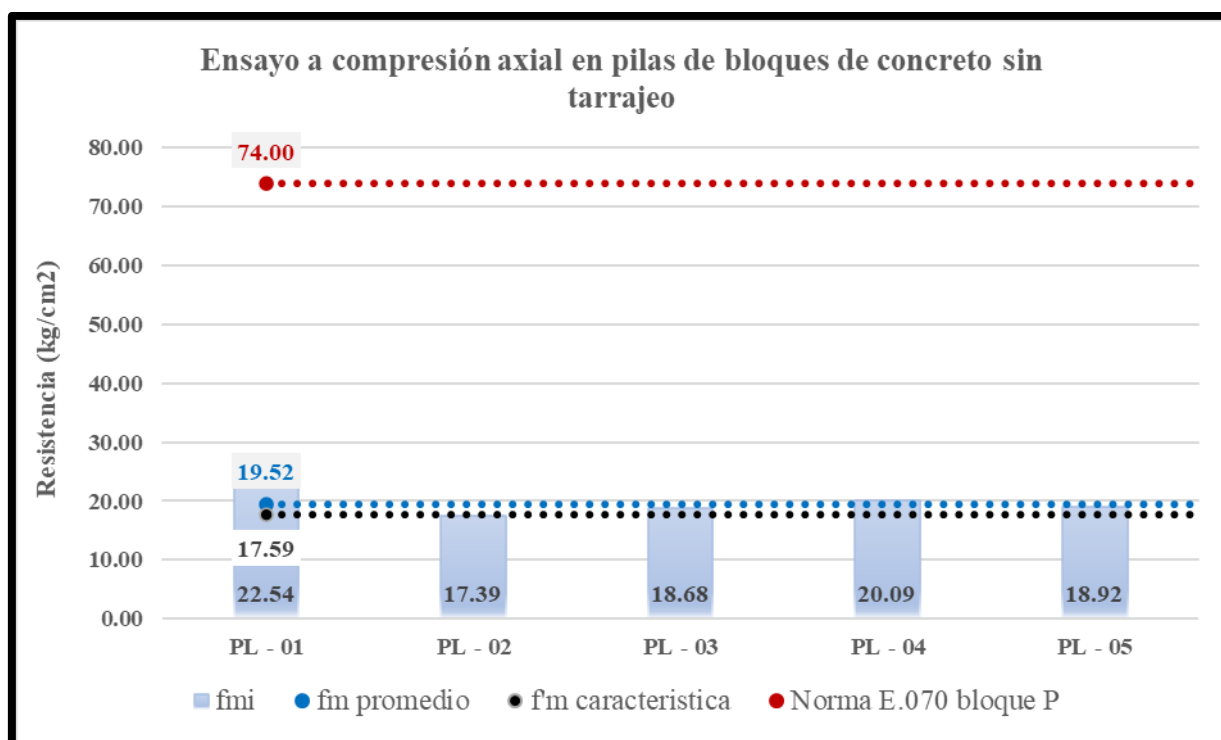


Figura 34 — Comparación de resultados en pilas de bloques de concreto

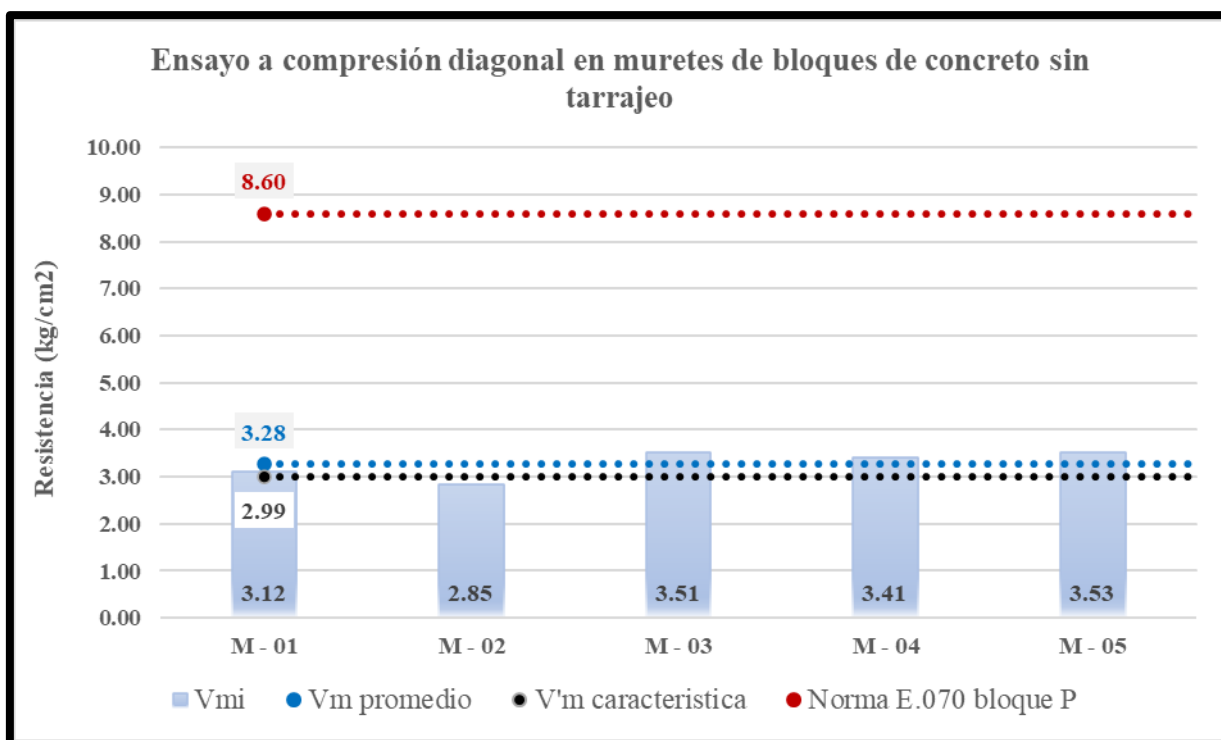


Figura 35 — Comparación de resultados de muretes de bloques de concreto

- **Unidades de bloques de concreto:**

Las unidades de albañilería alcanzaron una resistencia promedio de 15.76 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia característica de 14.01 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor representa solo el 28.02% del requisito mínimo de 50 kg/cm<sup>2</sup> establecido por la Norma E.070 para bloques NP destinados a muros portantes.

- **Pilas de concreto:**

Las pilas registraron una resistencia promedio de 19.52 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia característica de 17.59 kg/cm<sup>2</sup>, equivalente al 23.77% de los 74 kg/cm<sup>2</sup> exigidos por la Norma E.070 para elementos construidos con unidades NP.

- **Muretes de concreto:**

Los muretes presentaron una resistencia promedio de 3.28 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia característica de 2.99 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando únicamente el 34.77% de los 8.60 kg/cm<sup>2</sup> establecidos por la Norma E.070 para muretes de unidades NP.

**Tabla 20 — Módulo de corte en muretes sin tarrajeo**

Especímen	Deformímetro	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = (5-3)	(8) = (6-4)	(9) = (7)/(2)	(10) = (8)/(1)	Δy	Gm
		L	Área de corte	P <sub>máx</sub> 20%	D 20%	P <sub>máx</sub> 60%	D 60%	ΔP	ΔD	Δt	ε		
		cm	cm <sup>2</sup>	kg	mm	kg	mm	kg	cm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		
M - 01	V	78.50	1096.61	896.00	0.18	2305.00	1.44	1409.00	0.126	1.28	0.0016	0.0017	769.755
	H	62.40			0		0.04		0.004		0.0001		
M - 02	V	75.80	1081.49	838.00	0	1900.00	0.64	1062.00	0.064	0.98	0.0008	0.0008	1163.031
	H	61.00			0		0		0		0.0000		
M - 03	V	76.60	1084.91	1069.00	0	2460.00	1.02	1391.00	0.102	1.28	0.0013	0.0013	962.856
	H	62.20			0		0		0		0.0000		
M - 04	V	76.90	1082.16	896.00	0.18	2460.00	1.3	1564.00	0.112	1.45	0.0015	0.0015	992.323
	H	62.40			0		0		0		0.0000		
M - 05	V	76.90	1078.49	896.00	0.32	2517.00	1.49	1621.00	0.117	1.50	0.0015	0.0015	987.886
	H	61.70			0		0		0		0.0000		
											Gm	975.17	Kgf/cm <sup>2</sup>
											σ	139.73	Kgf/cm <sup>2</sup>
											G'm	835.44	Kgf/cm <sup>2</sup>

**Tabla 21 — Módulo de corte en muretes con tarrajeo**

Especimen	Deformímetro	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = (5-3)	(8) = (6-4)	(9) = (7)/(2)	(10) = (8)/(1)	Gm	
		L	Área de corte	P máx. 20%	D 20%	P máx. 60%	D 60%	$\Delta P$	$\Delta D$	$\Delta t$	$\epsilon$		$\gamma$
		cm	m <sup>2</sup>	kg	mm	kg	mm	kg	cm	kg/cm <sup>2</sup>			kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	V	78.50	1096.61	2073.00	1.33	2749.00	1.73	676.00	0.04	0.62	0.0005	0.0007	898.826
	H	62.40			0.01		0.12		0.011		0.0002		
M - 02	V	75.80	1081.49	2247.00	0.94	3020.00	1.66	773.00	0.072	0.71	0.0009	0.0012	614.588
	H	61.00			0.01		0.14		0.013		0.0002		
M - 03	V	76.60	1084.91	3020.00	1.6	3811.00	2.55	791.00	0.095	0.73	0.0012	0.0013	573.021
	H	62.20			0.04		0.06		0.002		0.0000		
M - 04	V	76.90	1082.16	3637.00	2.17	3695.00	2.18	58.00	0.001	0.05	0.0000	0.0000	1846.272
	H	62.40			0.08		0.09		0.001		0.0000		
M - 05	V	76.90	1078.49	3753.00	2.1	3811.00	2.1	58.00	0	0.05	0.0000	0.0001	553.026
	H	61.70			0.27		0.33		0.006		0.0001		
											Gm	897.15	Kgf/cm <sup>2</sup>
											$\sigma$	548.67	Kgf/cm <sup>2</sup>
											<b>G'm</b>	348.48	Kgf/cm <sup>2</sup>

**Tabla 22 — Resumen del módulo de corte en muretes**

Ensayo en Muretes <b>sin</b> tarrajeo	Ensayo en Muretes <b>con</b> tarrajeo
$G'_m$	$G'_m$
Bloque de concreto	Bloque de concreto
835.44 kgf/cm <sup>2</sup>	348.48 kgf/cm <sup>2</sup>

Al analizar el resumen de resultados del módulo de corte, se observa claramente que la deformación vertical y horizontal se reduce significativamente, lo que hace que los muretes sean más rígidos. En este caso, los muretes con tarrajeo presentan un aumento del 41,71% en el módulo de corte en comparación con los muretes sin tarrajeo.

Después de realizar una serie de ensayos en prismas de albañilería con y sin tarrajeo de bloques de concreto, nos dimos cuenta de que el tarrajeo no era tan efectivo como pensábamos. En realidad, el tarrajeo se desprende cuando se aplica carga, lo que significa que no es una solución confiable para soportar cargas. Por lo tanto, decidimos enfocarnos en los resultados de los prismas sin tarrajeo, ya que estos nos permiten obtener resultados más precisos y confiables. A continuación, se presenta la tabla de resumen del ensayo que utilizaremos para el modelamiento estructural.

**Tabla 23 — Resumen del ensayo de prismas sin tarrajeo**

Resistencia a compresión axial de la unidad	Resistencia a compresión axial en Pilas	Módulo de elasticidad en Pilas	Resistencia a compresión diagonal en Muretes
$f'_{b}$	$f'_{m}$	$E_{m}$	$V'_{m}$
14.01 kgf/cm <sup>2</sup>	17.59 kgf/cm <sup>2</sup>	3338.23 kgf/cm <sup>2</sup>	2.99 kgf/cm <sup>2</sup>

Los resultados obtenidos evidencian que las propiedades mecánicas de la albañilería conformada con bloques de concreto presentan valores significativamente inferiores a los mínimos establecidos por la Norma Técnica E.070 Albañilería. La resistencia a compresión de la unidad ( $f'_{b}$ ) alcanza solo el 28.02 % del valor normativo de 50 kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia a compresión axial en pilas ( $f'_{m}$ ) representa el 23.77 % del valor requerido de 74 kg/cm<sup>2</sup>, el módulo de elasticidad en pilas ( $E_{m}$ ) alcanza únicamente el 6.44 % del valor de referencia de 51 800 kg/cm<sup>2</sup>, y la resistencia a compresión diagonal en muretes ( $V'_{m}$ ) llega al 34.77 % del valor normativo de 8.6 kg/cm<sup>2</sup>. En consecuencia, se concluye que ninguno de los parámetros evaluados cumple con los requisitos mínimos establecidos por la Norma E.070.

## 5.1.2 Determinar el modelamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024.

### 5.1.2.1 Descripción

El proyecto de investigación tiene como finalidad efectuar el modelamiento estructural de una edificación que integra el sistema de pórtico armado y albañilería, mediante un análisis sísmico, comprendiendo cinco niveles, localizada en la Av. Juan Pablo Castro S/N, en el distrito de Abancay, provincia de Apurímac.

### 5.1.2.2 Normativa empleada

- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.0.30. Diseño sismorresistente, 2018.
- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.070 Albañilería, 2006.
- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.060 Concreto armado, 2018.
- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.020 Cargas, 2006.

### 5.1.2.3 Especificaciones técnicas

- Concreto:  
 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (Resistencia final a la compresión)  
 $\nu = 0.15$  (Modulo de poisson)  
 $E_c = 15000\sqrt{210} = 217000 \text{ kg/cm}^2$  (Módulo de elasticidad)
- Albañilería (laboratorio):  
 $f'm = 17.59 \text{ kgf/cm}^2$  (Resistencia a compresión axial)  
 $E_m = 3338.23 \text{ kgf/cm}^2$  (Modulo de elasticidad)
- Acero corrugado:  
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
 $E_s = 2000000 \text{ kgf/cm}^2$  (Acero)
- Peso específico:  
Concreto armado :  $2400 \text{ kg/m}^3$   
Bloque de concreto :  $1036.46 \text{ kg/m}^3$



### 5.1.2.4 Configuración estructural

#### 5.1.2.4.1 Sistema estructural del proyecto

La superestructura está compuesta por losas aligeradas de 20 cm de espesor, apoyadas sobre pórticos que absorben las cargas laterales en el eje “X” y sobre muros de albañilería ubicados en el eje “Y”. Los elementos estructurales incluyen vigas peraltadas de 30x50, vigas chatas de 25x20 y columnas con secciones de 30x60 y 30x80, así como placas de concreto armado de 50x70 en las cuatro esquinas. Estos pórticos tienen la función de confinar los muros de albañilería construidos con bloques de concreto de 12 cm de espesor en el eje “Y”.

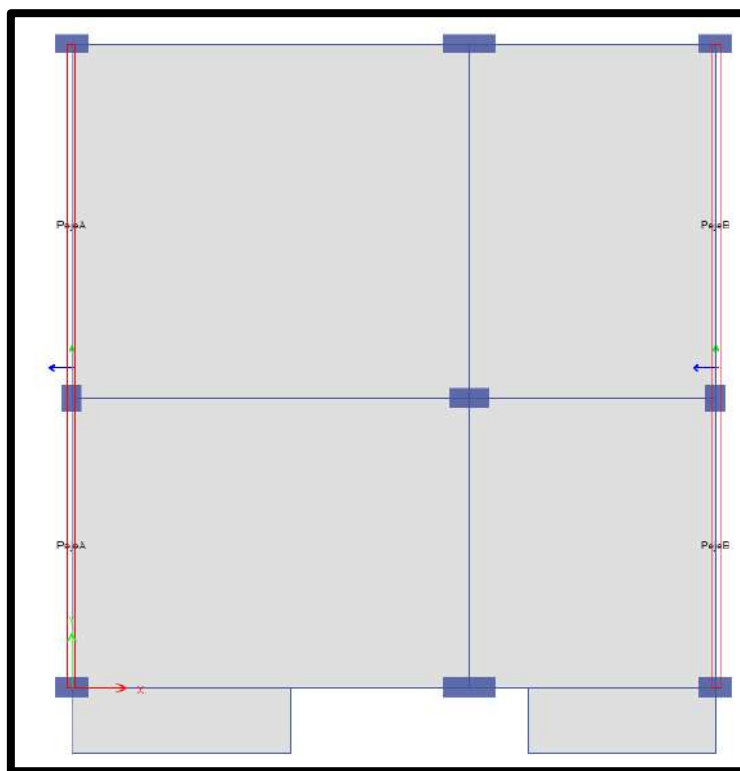


Figura 36 — Planta típica de la estructura

### 5.1.2.5 Configuración estructural

#### 5.1.2.5.1 Materiales

Se asume que los materiales utilizados, tanto el concreto armado como el acero de refuerzo y los muros de albañilería, presentan un comportamiento elástico, isotrópico y homogéneo.

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  kgf/m³

Mass per Unit Volume:  kgf-s³/m³

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  kgf/m²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Shear Modulus, G:  kgf/m²

**Design Property Data**

**Advanced Material Property Data**

**Modulus of Rupture for Cracked Deflections**

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

User Specified

Figura 37 — Propiedades del concreto

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  kgf/m³

Mass per Unit Volume:  kgf-s³/m³

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  kgf/m²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Shear Modulus, G:  kgf/m²

**Design Property Data**

**Advanced Material Property Data**

Figura 38 — Propiedades de la albañilería

#### 5.1.2.5.2 Secciones

Para el modelado estructural, las columnas y vigas se representan mediante elementos lineales tipo frame, mientras que los muros y la losa aligerada se modelan como elementos de área tipo shell, configurados de acuerdo con sus dimensiones y la estructuración correspondiente. Las secciones consideradas, según los planos estructurales, incluyen cuatro columnas (CL-04) de 70x50, cuatro columnas (C-2) de 80x30, una columna (C-1) de 30x60, vigas chatas (VCH) de 30x20, vigas peraltadas (VP) de 30x50 y vigas soleras (VS) de 30x50.

#### 5.1.2.5.3 Geometría, cargas y restricciones

- **Geometría**

La edificación presenta una geometría de 10 metros lineales en los ejes X y Y. Para su análisis, se elaboró un modelo tridimensional en ETABS empleando la información contenida en los planos estructurales, los cuales fueron elaborados a partir de los planos arquitectónicos.

- **Cargas**

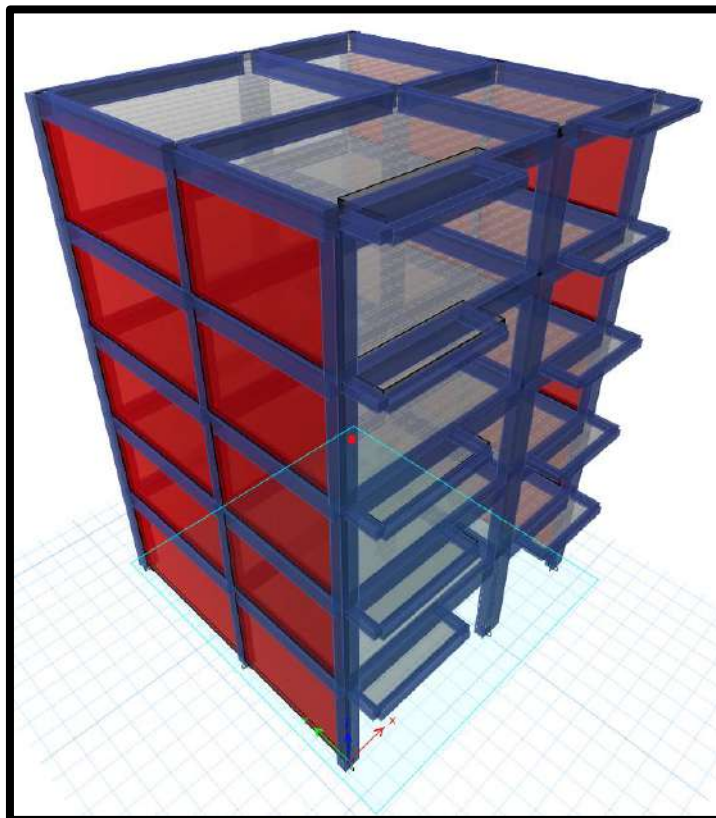
La estructura está sometida a diferentes tipos de cargas:

- **Carga muerta (CM):** corresponde a las cargas permanentes que no varían en el tiempo, como el peso propio de la edificación, la tabiquería, los pisos terminados y los acabados.
- **Carga viva (CV):** incluye las cargas variables generadas por los ocupantes, mobiliario, materiales y otros elementos que pueden cambiar con el tiempo.
- **Carga sísmica (CS):** se genera en la estructura como resultado de la demanda sísmica producida por un evento telúrico.



- **Restricciones**

Las condiciones de apoyo se definieron como empotramientos, restringiendo los tres grados de libertad en las direcciones X, Y y Z.



**Figura 39** — Modelo tridimensional 5 niveles

### 5.1.2.6 Configuración estructural

#### 5.1.2.6.1 Parámetros sísmicos

La Norma E.030 (SENCICO, 2018) define cuatro parámetros que deben ser obtenidos de las características del edificio a analizar como su ubicación, el tipo de suelo, configuración estructural, el tipo de uso y las posibles irregularidades que puedan existir. El art. 18 de la normativa E 030 nos indica que cuando la edificación presenta más de un sistema estructural se toma el menor coeficiente  $R_0$ , que corresponda en la dirección de análisis, es por ello que se considera el valor  $R_0$  de la albañilería confinada.

Se muestra los parámetros del sismo para la edificación en la siguiente tabla.

**Tabla 24 — Parámetros sísmicos**

Descripción	Categoría	Factores
Tipo de zona	Z2	0.25
Tipo de uso	C	1
Tipo de suelo	S2	1.2
Sistema estructural en X (Ro)	Concreto armado	8
Sistema estructural en Y (Ro)	Albañilería confinada	3
Fuente: E.030 Diseño sismorresistente		

**Tabla 25 — Irregularidades**

Altura	Ia-X	Ia-Y
Piso blando	1	1
Piso débil	1	1
Masa o peso	1	1
Geometría vertical	1	1
Discontinuidad de los sistemas resistentes	1	1
Planta	Ip-X	Ip-Y
Torsional	1	1
Esquina entrante	1	1
Discontinuidad de diafragma	1	1
Sistemas no paralelos	1	1

**Tabla 26 — Resumen de irregularidades**

Irregularidad	X	Y	I
Altura	1	1	1
Planta	1	1	1

**Tabla 27 — Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas**

I	X	Y
Ro	8	3
Ia	1	1
Ip	1	1
<b>R</b>	<b>8</b>	<b>3</b>

### 5.1.2.6.2 Periodo fundamental de vibración

Se muestran los modos y periodos fundamentales considerando los necesarios para obtener una suma del 90% de masa participativa en ambos sentidos.

**Tabla 28 — Periodo fundamental de la estructura**

T	U(s)
XX	<b>0.202 seg</b>
YY	<b>0.187 seg</b>

### 5.1.2.6.3 Análisis sísmico estático

El análisis sísmico estático es empleado para verificar la necesidad de escalar el sísmo dinámico, este último deberá ser como mínimo el 80% del sísmo estático para edificaciones regulares y 90% del sísmo estático para edificaciones irregulares.

Para determinar la fuerza de cortante basal del sísmo estático (V) y distribuirlos por nivel se aplica la siguiente fórmula:

$$V = \left( \frac{Z * U * C * S}{R} \right) * P$$

Donde:

- V: Fuerza cortante en la base
- Z: Factores de zona
- U: Factor de uso
- C: Factor de amplificación sísmica
- S: Factor de suelo
- R: Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas
- P: Peso sísmico

El valor mínimo para C/R debe ser:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Aplicando las fórmulas descritas tenemos:

Tabla 29 — Fuerza cortante basal X-X

Parámetros	Factor
Z2	0.25
U	1.00
C	2.50
S2	1.20
Rx	8.00
Peso (ton)	520.81
Vx (ton)	48.83

Tabla 30 — Fuerza cortante basal Y-Y

Parámetros	Factor
Z2	0.25
U	1.00
C	2.50
S2	1.20
Ry	6.00
Peso (ton)	520.81
Vy (ton)	65.10

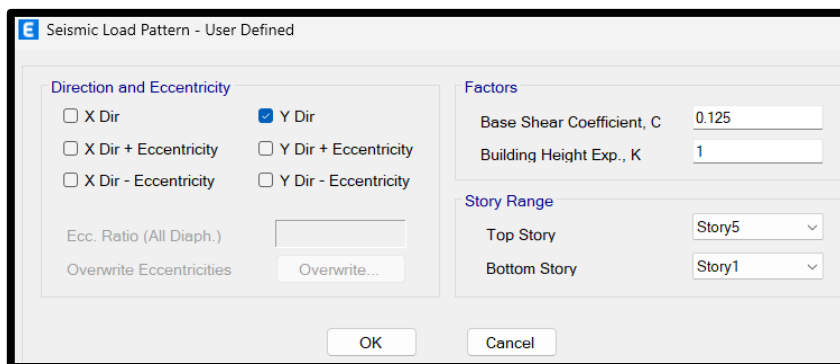
De acuerdo con la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, el parámetro K corresponde a un exponente vinculado con el periodo fundamental de vibración de la edificación (T) en la dirección analizada, cuyo valor se determina según la siguiente relación.

- Para T menor o igual a 0,5 segundos:  $K = 1,0$ .
- Para T mayor que 0,5 segundos:  $K = (0,75+0,5T) \leq 2,0$

The image shows a software dialog box titled "Seismic Load Pattern - User Defined". It is divided into several sections:

- Direction and Eccentricity:** Contains radio buttons for "X Dir" (selected), "Y Dir", "X Dir + Eccentricity", "Y Dir + Eccentricity", "X Dir - Eccentricity", and "Y Dir - Eccentricity". There is also a text input field for "Ecc. Ratio (All Diaph.)" and a button for "Overwrite Eccentricities".
- Factors:** Contains two text input fields: "Base Shear Coefficient, C" with the value "0.09375" and "Building Height Exp., K" with the value "1".
- Story Range:** Contains two dropdown menus: "Top Story" set to "Story5" and "Bottom Story" set to "Story1".
- At the bottom, there are "OK" and "Cancel" buttons.

Figura 40 — Patrón de carga para sismo estático en la dirección X



**Figura 41** — Patrón de carga para sismo estático en la dirección Y

Para determinar el peso sísmico de la estructura (P) se debe tomar el 100% de la carga muerta y el 25% de la carga viva para edificaciones tipo “C”. El peso sísmico corresponde a 520.80 Tonf.

#### 5.1.2.6.4 Análisis sísmico dinámico modal espectral

La norma E.030 (SENCICO, 2018) indica que el análisis dinámico es mucho más preciso que un análisis estático, pues este no presenta restricciones y se puede aplicar a cualquier tipo de estructura.

$$S_a = \left( \frac{Z * U * C * S}{R} \right) * g$$

Donde:

- Sa: Pseudo aceleraciones
- g: Aceleración de la gravedad

Los valores Z, U, S y R se definieron anteriormente según se muestra en la tabla de los parámetros sísmicos. El factor de amplificación sísmica “C” variará en función del periodo T. Resolviendo la fórmula anterior se obtendrá los valores de “Sa” para cada valor de “C” en sus distintos periodos. Obtenido los valores anteriores se generará el espectro de pseudo-aceleraciones  $S_a(g)$  vs T de la (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).



Figura 42 — Espectro de pseudo aceleraciones en X

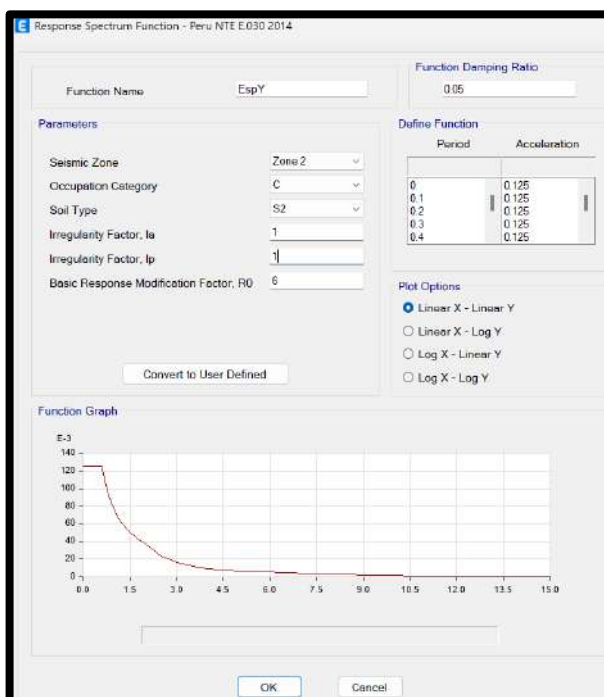


Figura 43 — Espectro de pseudo aceleraciones en Y

### 5.1.2.6.5 Fuerza cortante dinámica en la base

La norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2018. Indica para estructuras regulares que la fuerza cortante basal de la estructura no deberá ser menor al 80% de la cortante basal estática determinada anteriormente. En caso de estructuras irregulares, no deberá ser menor al 90%. En caso no se cumpla con lo especificado se deberá escalar el sismo de manera proporcional.

**Tabla 31** — Verificación de la fuerza cortante mínima en la base

Dirección	X-X	Y-Y
V estática	48.83	65.10
V dinámica	38.44	57.22
% calculado	127%	114%
% min	80%	80%
F. escala	1.02	0.91

**Tabla 32** — Cortante sísmico basal en la dirección X e Y

Output Case	Case Type	Step Type	FX	FY
			tonf	tonf
SESTX	LinStatic		-48.8252	0
SESTY	LinStatic		0	-65.1003
SDX	LinRespSpec	Max	38.4375	0.1259
SDY	LinRespSpec	Max	0.1679	57.2244

**5.1.3 Verificar el sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles en la ciudad de Abancay, Apurímac, considerando el diseño sísmico de los muros portantes de acuerdo con las disposiciones establecidas en la Norma Técnica E.070 Albañilería.**

#### 5.1.3.1 Revisión de irregularidades

##### 5.1.3.1.1 Irregularidad en altura

###### A. Piso blando

Según el Art. 20 de la norma E.030, se evaluó con los 2 criterios la irregularidad de piso blando a partir de la rigidez de entrepiso, donde se concluyó que **no existe tal irregularidad.**

###### Caso I

Si:  $K_i < 0.70K_{i+1}$   
Presenta Irregularidad

###### Caso II

Si:  $K_i = 0.80 \left( \frac{K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}}{3} \right)$   
Presenta Irregularidad

**Tabla 33 — Piso blando X-X**

Story	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Story	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Verificación	
				Caso I	Caso II
Piso 01	14770.863	Story1	14770.863	No Presenta Irregularidad	No Presenta Irregularidad
Piso 02	11314.279	Story2	11314.279	No Presenta Irregularidad	No Presenta Irregularidad
Piso 03	10560.86	Story3	10560.86	No Presenta Irregularidad	-
Piso 04	9992.046	Story4	9992.046	No Presenta Irregularidad	-
Piso 05	8066.392	Story5	8066.392	No Presenta Irregularidad	-

**Tabla 34 — Piso blando Y-Y**

Story	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Story	Rigidez Lateral "Ki" (Tonf/m)	Verificación	
				Caso I	Caso II
Piso 01	16172.273	Story1	16172.273	No Presenta Irregularidad	No Presenta Irregularidad
Piso 02	16349.456	Story2	16349.456	No Presenta Irregularidad	No Presenta Irregularidad
Piso 03	15944.546	Story3	15944.546	No Presenta Irregularidad	-
Piso 04	15267.859	Story4	15267.859	No Presenta Irregularidad	-
Piso 05	13264.215	Story5	13264.215	No Presenta Irregularidad	-

## B. Piso débil

Según la E.030, existe irregularidad cuando la resistencia de un entrepiso a fuerza cortante es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior, a continuación, se expone en la siguiente tabla **que no existe tal irregularidad.**

### Caso I

Si:  $V_i < 0.80V_{i+1}$   
Presenta Irregularidad

Tabla 35 — Piso débil X-X

Story	V <sub>x</sub> (Tonf)	Story	V <sub>x</sub> (Tonf)	Verificación
				Caso I
Piso 01	48.8252	Piso 01	48.8252	No Presenta Irregularidad
Piso 02	45.075	Piso 02	45.075	No Presenta Irregularidad
Piso 03	38.0942	Piso 03	38.0942	No Presenta Irregularidad
Piso 04	27.841	Piso 04	27.841	No Presenta Irregularidad
Piso 05	14.3156	Piso 05	14.3156	No Presenta Irregularidad

Tabla 36 — Piso débil Y-Y

Story	V <sub>y</sub> (Tonf)	Story	V <sub>y</sub> (Tonf)	Verificación
				Caso I
Piso 01	65.1003	Piso 01	65.1003	No Presenta Irregularidad
Piso 02	60.1000	Piso 02	60.1000	No Presenta Irregularidad
Piso 03	50.7922	Piso 03	50.7922	No Presenta Irregularidad
Piso 04	37.1213	Piso 04	37.1213	No Presenta Irregularidad
Piso 05	19.0874	Piso 05	19.0874	No Presenta Irregularidad

## C. Masa o peso

La norma E.030 indica en el art. 20 que la irregularidad de peso ocurre cuando el peso de un piso excede en 50% el peso del piso adyacente, por lo que evaluando la condición se tiene que **no existe irregularidad.**

### Caso I

Si:  $P_i > 1.50P_{i+1}$   
Presenta Irregularidad  
No aplica en azoteas ni sótanos

Tabla 37 — Irregularidad de masa o peso

Story	P (Tonf)	Story	P (Tonf)	Verificación
				Caso I
Piso 01	108.287837	Piso 01	108.287837	No Presenta Irregularidad
Piso 02	107.085241	Piso 02	107.085241	No Presenta Irregularidad
Piso 03	107.085241	Piso 03	107.085241	No Presenta Irregularidad
Piso 04	107.085241	Piso 04	107.085241	No Presenta Irregularidad
Piso 05	91.2617386	Piso 05	91.2617386	-

#### D. Geometría vertical

Según la E.030, existe cuando la dimensión en planta es mayor a 1.3 la dimensión del piso superior, por lo que evaluando la condición se tiene que no existe irregularidad.

##### Caso I

Si:  $L_1 > 1.30L_2$

Presenta Irregularidad

No aplica en azoteas ni sótanos

Tabla 38 — Geometría vertical

D	L1 m	L2 m	L1/L2	Verificación
				Caso I
D - X	10.00	10.00	1.00	No Presenta Irregularidad
D - Y	10.00	10.00	1.00	No Presenta Irregularidad

#### E. Discontinuidad de los sistemas resistentes

Se corrobora que no existe tal irregularidad según los lineamientos de la E.030 que indica que cualquiera elemento que resista más de 10% de la fuerza de corte presenta un desalineamiento vertical o desplazamiento del eje, por lo que **no se presenta dicha irregularidad en la superestructura.**

#### 5.1.3.1.2 Irregularidad en planta

##### A. Torsional

Según la norma E.030, se evalúa la irregularidad torsional que está relacionada los desplazamientos de entrepiso donde se corrobora mediante las ratios que **no existe**



**irregularidad.** Considerando solo derivas que pasen el 50% del máximo permitido.

$$\text{Caso I}$$

$$\text{Si: } \frac{\Delta_{\text{Max}}}{h_i} > 1.30 \frac{\Delta_{\text{prom}}}{h_i}$$

$$\text{Si: } \frac{\Delta_{\text{Max}}}{h_i} > 0.50 \left( \frac{\Delta}{h} \right) \text{ Permisible}$$

Presenta irregularidad  
No aplica en azoteas ni sótanos

**Tabla 39 — Torsional X-X**

Story	Avg Drift	Max Drift	Avg/ Max Drift	Verificación
				Caso I
Piso 01	0.00476	0.004916	1.03	No Presenta Irregularidad
Piso 02	0.006471	0.00669	1.03	No Presenta Irregularidad
Piso 03	0.005802	0.005988	1.03	No Presenta Irregularidad
Piso 04	0.004443	0.004583	1.03	No Presenta Irregularidad
Piso 05	0.002808	0.002891	1.03	-

**Tabla 40 — Torsional Y-Y**

Story	Avg Drift	Max Drift	Avg/ Max Drift	Verificación
				Caso I
Story1	0.004921	0.005154	1.05	No Presenta Irregularidad
Story2	0.005058	0.00534	1.06	No Presenta Irregularidad
Story3	0.004297	0.004546	1.06	No Presenta Irregularidad
Story4	0.003209	0.003405	1.06	No Presenta Irregularidad
Story5	0.001858	0.001993	1.07	-

### B. Esquina entrante

Según la norma E.030, se tiene que si la dimensión de esquina excede el 20% de la dimensión total en una dirección existirá irregularidad, se expone que **no presenta irregularidad.**

#### Caso I

$$\text{Si: } l_{\text{Entr.}} > 0.20L_{\text{Total}}$$

Presenta irregularidad

$$\text{Si: } a/A > 0.20$$

Tabla 41 — Esquina entrante

D	L1(Total) m	L2(Entrante) m	L1/L2	Verificación
				Caso I
D - X	10.00	0.00	0.00	No Presenta Irregularidad
D - Y	10.00	0.00	0.00	No Presenta Irregularidad

### C. Discontinuidad de diafragma

Se evaluó según la disposición de irregularidades de la norma E.030, donde que observa que **no se presenta irregularidad** de discontinuidad de diafragma.

#### Caso I

Si:  $A_{abertura} > 0.50A_{bruta}$   
 $A_{bruta}$ : Area Construida (Techada)  
 Presenta irregularidad

Tabla 42 — Discontinuidad de diafragma

Área	A' (Aberturas)	A (Bruta)	A'/A	Verificación
				Caso I
I	0	100	0.00	No Presenta Irregularidad

### D. Sistemas no paralelos

**No existe irregularidad**, ya que se observa en planta los elementos sismorresistentes son paralelos a su eje de acción sísmica.

#### 5.1.3.2 Revisión de derivas

Se efectuó la verificación de las derivas en ambos ejes, conforme a lo establecido en la Norma E.060 de Diseño Sismorresistente, específicamente en el Artículo 32, donde se señalan los límites permitidos para la distorsión del entrepiso.

$$\Delta = \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{h_i}$$

Donde:

$\Delta$ : Deriva de entrepiso (adimensional).

$\delta_i$ : Desplazamiento lateral del nivel i.

$\delta_{i-1}$ : Desplazamiento lateral del nivel inferior.



$h_i$ : Altura del entrepiso correspondiente (en metros).

**Tabla 43 — Concreto armado**

Condición: Drift <0.007			
Nivel	X-X	Limite	Verificación
Piso 05	0.0029	0.007	Sí cumple
Piso 04	0.0046	0.007	Sí cumple
Piso 03	0.0060	0.007	Sí cumple
Piso 02	0.0067	0.007	Sí cumple
Piso 01	0.0049	0.007	Sí cumple

**Tabla 44 — Albañilería**

Condición: Drift <0.005			
Nivel	Y-Y	Limite	Verificación
Piso 05	0.0020	0.005	Sí cumple
Piso 04	0.0034	0.005	Sí cumple
Piso 03	0.0045	0.005	Sí cumple
Piso 02	0.0050	0.005	Sí cumple
Piso 01	0.0050	0.005	Sí cumple

### 5.1.3.3 Revisión de excentricidad accidental

Se verificó la torsión accidental conforme a lo establecido en el artículo 28.5 de la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente. En dicha revisión se consideró la excentricidad accidental que exige la norma y se evaluaron los desplazamientos relativos de entrepiso en los extremos de la edificación. Los resultados obtenidos demuestran que los desplazamientos se encuentran dentro de los límites permitidos, ya que no superan la relación máxima establecida por la Tabla 11 de la misma norma. En consecuencia, la edificación **no presenta irregularidad torsional ni excentricidades significativas**, cumpliendo así con las disposiciones reglamentarias.

$$e_a = 0.05L$$

Donde:

$e_a$ : Excentricidad accidental (m).



L: Dimensión de la edificación en la dirección de análisis (m).

**Tabla 45 — Excentricidad X-X**

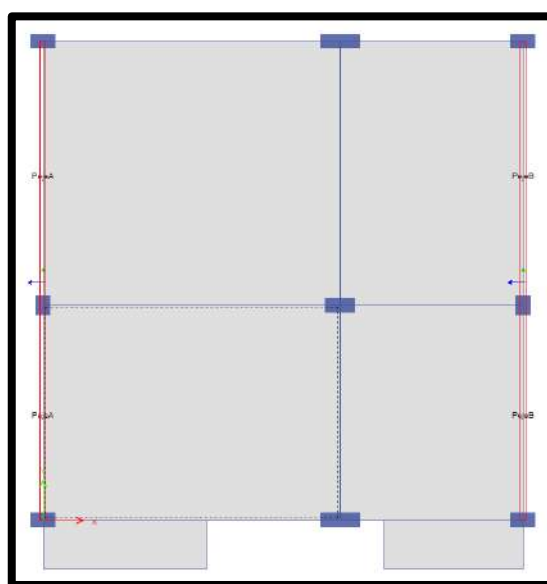
Story	XCCM	XCR	XCCM - XCR	aecx	Verificación
	m	m	m	m	
Piso 01	4.9417	5.0464	0.1047	0.5	Sí cumple
Piso 02	4.9394	5.0394	0.1000	0.5	Sí cumple
Piso 03	4.9394	5.0529	0.1135	0.5	Sí cumple
Piso 04	4.9394	5.0765	0.1371	0.5	Sí cumple
Piso 05	4.9101	5.1066	0.1965	0.5	Sí cumple

**Tabla 46 — Excentricidad Y-Y**

Story	YCCM	YCR	YCCM - YCR	aecx	Verificación
	m	m	m	m	
Piso 01	4.6929	4.7471	0.0542	0.5	Sí cumple
Piso 02	4.6921	4.7256	0.0335	0.5	Sí cumple
Piso 03	4.6921	4.7151	0.0230	0.5	Sí cumple
Piso 04	4.6921	4.7091	0.0170	0.5	Sí cumple
Piso 05	4.5433	4.7032	0.1599	0.5	Sí cumple

#### 5.1.3.4 Diseño sísmico de muros de albañilería

Para poder acceder a las fuerzas internas de los elementos Shell que idealizan el comportamiento de los muros de albañilería y concreto armado, se asignan Pier Label (Bandas de integración) a cada uno, del cual se extraen las fuerzas internas para cada caso de carga correspondiente.



**Figura 44 — Etiqueta de pier label**

Se realizó una verificación para dos estados de carga, que incluyeron cargas gravitacionales y de sismo, tanto severas como moderadas.

#### 5.1.3.4.1 Verificación de cargas gravitacionales

Según las dimensiones obtenidas en los planos y la caracterización mecánica de los muros en base a los ensayos de laboratorio, se tiene el siguiente resumen.

**Tabla 47 — Propiedades geométricas y mecánicas de muros**

Story	Tipo	Pier	f'm tonf/m2	V'm tonf/m2	h m	t m	L m
Story1	Albañilería	PejeA	175.90	29.90	2.90	0.12	9.70
Story2	Albañilería	PejeA	175.90	29.90	2.50	0.12	9.70
Story3	Albañilería	PejeA	175.90	29.90	2.50	0.12	9.70
Story4	Albañilería	PejeA	175.90	29.90	2.50	0.12	9.70
Story5	Albañilería	PejeA	175.90	29.90	2.50	0.12	9.70
Story1	Albañilería	PejeB	175.90	29.90	2.90	0.12	9.70
Story2	Albañilería	PejeB	175.90	29.90	2.50	0.12	9.70
Story3	Albañilería	PejeB	175.90	29.90	2.50	0.12	9.70
Story4	Albañilería	PejeB	175.90	29.90	2.50	0.12	9.70
Story5	Albañilería	PejeB	175.90	29.90	2.50	0.12	9.70

Según el acápite 19.1 (b) de la E.070-2006 el esfuerzo axial máximo producido por la carga de gravedad de servicio máxima, debe ser inferior a la siguiente expresión, dicha verificación busca evitar la falla por pandeo o la pérdida de ductilidad del muro:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f'_m$$

Donde:

- $\sigma_m$ : Esfuerzo axial máximo.
- $P_m$ : Carga axial.
- L: Longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados).
- t: Espesor efectivo.
- h: Altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo.
- f'm: Resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería.



Tabla 48 — Verificación de esfuerzo axial máximo

Story	Tipo	Pier	f'm ton/m2	h m	t m	L m	P max tonf	Pm/(L*t) tonf/m2	0.2*f'm*(1- (h/35*t)^2) ton/m2	0.15*f'm tonf/m2	Verificación
Story1	Albañilería	PejeA	175.90	2.90	0.12	9.70	192.02	164.96	18.41	26.39	Falla
Story2	Albañilería	PejeA	175.90	2.50	0.12	9.70	152.26	130.81	22.72	26.39	Falla
Story3	Albañilería	PejeA	175.90	2.50	0.12	9.70	112.85	96.95	22.72	26.39	Falla
Story4	Albañilería	PejeA	175.90	2.50	0.12	9.70	73.37	63.04	22.72	26.39	Falla
Story5	Albañilería	PejeA	175.90	2.50	0.12	9.70	33.67	28.92	22.72	26.39	Falla
Story1	Albañilería	PejeB	175.90	2.90	0.12	9.70	132.79	114.08	18.41	26.39	Falla
Story2	Albañilería	PejeB	175.90	2.50	0.12	9.70	105.77	90.87	22.72	26.39	Falla
Story3	Albañilería	PejeB	175.90	2.50	0.12	9.70	78.54	67.47	22.72	26.39	Falla
Story4	Albañilería	PejeB	175.90	2.50	0.12	9.70	51.13	43.92	22.72	26.39	Falla
Story5	Albañilería	PejeB	175.90	2.50	0.12	9.70	23.46	20.15	22.72	26.39	No falla

#### 5.1.3.4.2 Verificación de cargas gravitacionales

Según el Acápite 26.2 de la E.070-2006, indica que todos los muros de albañilería deberán verificarse la siguiente expresión que controla la ocurrencia de fisuras por corte ante sismos moderados.

$$V_e \leq 0,55V_m = \text{Fuerza Cortante Admisible}$$

Donde:

- $V_e$ : Fuerza cortante producida por el “sismo moderado” en el muro en análisis.
- $V_m$ : Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

Donde la resistencia al agrietamiento diagonal está dada por el acápite 26.3:

$$V_m = 0,5 v_m' \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

Donde:

- $V_m$ : Resistencia característica a corte de la albañilería.
- $P_g$ : Carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida.
- $t$ : Espesor efectivo del muro.
- $L$ : longitud total del muro incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados).
- $\alpha$ : Factor de reducción de resistencia al corte por efecto de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

donde: “ $V_e$ ” es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico; y, “ $M_e$ ” es el momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

Se extrae del ETABS, las fuerzas internas por Sismo Moderado, los valores  $V_e$  y  $M_e$  son obtenidos del análisis lineal elástico, en sus valores máximos para cada piso, a continuación, se muestra el resumen de fuerzas internas.

Tabla 49 — Fuerzas para el diseño sísmico de muros de albañilería

Story	Tipo	Pier	Pg tonf	Ve tonf	Me tonf - m
Story1	Albañilería	PejeA	166.83	27.92	305.41
Story2	Albañilería	PejeA	132.69	26.48	211.88
Story3	Albañilería	PejeA	99.00	22.28	134.39
Story4	Albañilería	PejeA	65.28	16.30	69.79
Story5	Albañilería	PejeA	31.33	8.46	23.27
Story1	Albañilería	PejeB	117.89	27.15	284.81
Story2	Albañilería	PejeB	94.03	25.56	194.17
Story3	Albañilería	PejeB	70.19	21.36	120.83
Story4	Albañilería	PejeB	46.21	15.47	60.88
Story5	Albañilería	PejeB	21.95	7.72	19.19

Tabla 50 — Verificación de fisuración

Story	Tipo	Pier	Ve tonf	Me tonf - m	Pg tonf	Vm	0,55*Vm	Fisuración SM
Story1	Albañilería	PejeA	27.92	305.41	166.83	55.77	30.68	No fisura
Story2	Albañilería	PejeA	26.48	211.88	132.69	47.92	26.36	Sí fisura
Story3	Albañilería	PejeA	22.28	134.39	99.00	40.17	22.09	Sí fisura
Story4	Albañilería	PejeA	16.30	69.79	65.28	32.42	17.83	No fisura
Story5	Albañilería	PejeA	8.46	23.27	31.33	24.61	13.53	No fisura
Story1	Albañilería	PejeB	27.15	284.81	117.89	44.52	24.48	Sí fisura
Story2	Albañilería	PejeB	25.56	194.17	94.03	39.03	21.47	Sí fisura
Story3	Albañilería	PejeB	21.36	120.83	70.19	33.54	18.45	Sí fisura
Story4	Albañilería	PejeB	15.47	60.88	46.21	28.03	15.42	Sí fisura
Story5	Albañilería	PejeB	7.72	19.19	21.95	22.45	12.35	No fisura

#### 5.1.3.4.3 Verificación de cargas gravitacionales

Según el acápite 26.4 de la E.070-2006, se debe verificar la resistencia al corte del edificio, con la siguiente expresión.

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$$

Donde:

- $\sum V_{mi}$ : Sumatoria de resistencias al corte.
- $V_{Ei}$ : Fuerza cortante actuante en el entre piso “i” del edificio.

lo cual se debe cumplir con la siguiente expresión:

Tabla 51 — Resistencia global al corte

Story	SVmy	VEy	Resistencia Global X
Story1	<b>100.29</b>	10.15	<b>Sí cumple</b>
Story2	<b>86.95</b>	18.69	<b>Sí cumple</b>
Story3	<b>73.72</b>	27.34	<b>Sí cumple</b>
Story4	<b>60.45</b>	17.99	<b>Sí cumple</b>
Story5	<b>47.06</b>	38.04	<b>Sí cumple</b>

Adicionalmente, para albañilería confinada en el artículo 27 de la E.070-2006, se especifica las consideraciones de verificación para agrietamiento de muros, donde cada entrepiso superior al primero debe cumplir la siguiente expresión, puesto que en edificaciones de albañilería se asumen que la falla final se produce por fuerza cortante en los entrepisos bajos del edificio.

$$V_{mi} > V_{ui}$$

Donde:

- $V_{mi}$ : Cortante de agrietamiento diagonal en cada entrepiso “i”.
- $V_{ui}$ : fuerza cortante en cada entrepiso “i”.

**Tabla 52 — Verificación de agrietamiento diagonal en los entre pisos superiores**

Story	Tipo	Pier	Ve ton	Me ton - m	Pg ton	Vm1/Ve1	Vu	Mu	Agrietamiento SS
Story1	albañilería	PejeA	27.92	305.41	166.83	2.00	55.7734	610.1934	Se agrieta
Story2	albañilería	PejeA	26.48	211.88	132.69	2.00	52.9682	423.7697	Se agrieta
Story3	albañilería	PejeA	22.28	134.39	99.00	2.00	44.5652	268.7748	Se agrieta
Story4	albañilería	PejeA	16.30	69.79	65.28	2.00	32.6049	139.5733	Se agrieta
Story5	albañilería	PejeA	8.46	23.27	31.33	2.91	24.6069	67.7326	Se agrieta
Story1	albañilería	PejeB	27.15	284.81	117.89	2.00	54.3099	569.6266	Se agrieta
Story2	albañilería	PejeB	25.56	194.17	94.03	2.00	51.1254	388.3437	Se agrieta
Story3	albañilería	PejeB	21.36	120.83	70.19	2.00	42.7276	241.6628	Se agrieta
Story4	albañilería	PejeB	15.47	60.88	46.21	2.00	30.9335	121.7603	Se agrieta
Story5	albañilería	PejeB	7.72	19.19	21.95	2.91	22.4508	55.8023	Se agrieta

#### 5.1.3.4.4 Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros

En el acápite 27.1 de la Norma E.070 – 2006, se establece que debe evaluarse la necesidad de disponer refuerzo horizontal en los muros. Para ello, se exige que todo muro confinado, cuyo cortante bajo la acción de un sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte, o que presente un esfuerzo de compresión axial generado por la carga gravitacional considerando la totalidad de la sobrecarga mayor o igual a  $0,05 f'_m$ , incorpore refuerzo horizontal continuo anclado a las columnas de confinamiento, cumpliendo con la expresión correspondiente.

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \geq 0,05 f'_m$$

Tabla 53 — Acero de refuerzo PejeA

Story	Pier	t	$\sigma_m = P_m / (L * t)$	$0.05 * f' * m$	Evaluación	Smin (m)	Smin (m)
		m	tonf/m2	tonf/m2		s=1/4"	s=3/8"
Story5	PejeA	0.12	28.92	8.80	Necesita refuerzo	0.27	0.59
Story4	PejeA	0.12	63.04	8.80	Necesita refuerzo	0.27	0.59
Story3	PejeA	0.12	96.95	8.80	Necesita refuerzo	0.27	0.59
Story2	PejeA	0.12	130.81	8.80	Necesita refuerzo	0.27	0.59
Story1	PejeA	0.12	164.96	8.80	Necesita refuerzo	0.27	0.59

Tabla 54 — Acero de refuerzo PejeB

Story	Pier	t	$\sigma_m = P_m / (L * t)$	$0.05 * f' * m$	Evaluación	Smin (m)	Smin (m)
		m	tonf/m2	tonf/m2		s=1/4"	s=3/8"
Story5	PejeB	0.12	20.15	8.80	Necesita refuerzo	0.27	0.59
Story4	PejeB	0.12	43.92	8.80	Necesita refuerzo	0.27	0.59
Story3	PejeB	0.12	67.47	8.80	Necesita refuerzo	0.27	0.59
Story2	PejeB	0.12	90.87	8.80	Necesita refuerzo	0.27	0.59
Story1	PejeB	0.12	114.08	8.80	Necesita refuerzo	0.27	0.59

#### 5.1.3.4.5 Verificación de la densidad de muros reforzados

La densidad mínima de muros portantes que deben reforzarse en cada dirección de la edificación, conforme a lo indicado en el Artículo 17 de la E.070 Albañilería, se determina a partir de la siguiente expresión.

$$\frac{\text{AreadeCortedelosMurosReforzados}}{\text{AreadelaplantaTípica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

En este contexto, Z, U y S representan los factores de zona sísmica, de importancia y de suelo, respectivamente, los cuales se encuentran definidos en la Norma Técnica Peruana E.030 de Diseño Sismorresistente.

**Tabla 55 — Densidad de muros**

Área (PejeA)	1.16	m2	Z=	0.25
Área (PejeB)	1.16	m2	U=	1
Sum(L*t)	2.33	m2	S=	1.2
Area	100.00	m2	N=	5
<b>Sum(L*t)/Area P.t</b>	<b>0.023</b>		<b>ZUSN/56</b>	<b>0.027</b>
<b>Verificación</b>			<b>No es confinada</b>	

En conclusión, la verificación estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado de bloques de concreto en cinco niveles evidencia que el pórtico armado cumple con los criterios de diseño establecidos. No obstante, en los muros se identificaron deficiencias vinculadas a la resistencia a compresión axial, así como manifestaciones de fisuramiento y agrietamiento. Estas limitaciones podrían ser corregidas mediante la incorporación de refuerzos en los Pier A y B; sin embargo, no se alcanza el cumplimiento en lo referente a la densidad mínima de muros reforzados.

Al analizar la estructura en el cuarto nivel, las deficiencias persisten, mientras que al descender al tercer nivel se logra satisfacer las verificaciones estructurales exigidas. Asimismo, se determinó la necesidad de disponer refuerzo horizontal en los muros, lo cual permite controlar de manera preventiva la resistencia a compresión axial y fisuramiento, evitando que este se manifieste mediante la implementación adecuada de acero de refuerzo horizontal.

## 5.2 Contrastación de hipótesis

A partir de los resultados obtenidos, y empleando la estadística descriptiva, se efectuó la contrastación de la hipótesis general planteada en la investigación.

### 5.2.1 Hipótesis general

“El comportamiento estructural del sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada por bloques de concreto cumple con los criterios de



desempeño sísmico y los límites establecidos por las Normas Técnicas E.030 y E.070 en edificaciones de cinco niveles en Abancay, Apurímac, 2024”.

Esta hipótesis se sustenta en la verificación de las tres hipótesis específicas que abordan los principales aspectos que determinan el comportamiento estructural de la edificación de 5 niveles del sistema pórtico armado y albañilería conformado de bloques de concreto: propiedades mecánicas de los bloques de concreto, modelamiento estructural y el diseño sísmico de los muros.

#### **Resultados obtenidos:**

- **HE1:** Se comprobó que las propiedades mecánicas de los bloques de concreto de albañilería no superan los valores mínimos establecidos por la Norma Técnica E.070 de Albañilería. En consecuencia, los bloques de concretos fabricados en la ciudad de Abancay no resultan aptos para su aplicación estructural. Por tanto, los resultados estadísticos respaldan la **aceptación de la hipótesis nula** y se rechaza la hipótesis 01 planteada.
- **HE2:** La **hipótesis 02 se acepta**, concluyéndose que el modelamiento estructural del sistema de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto cumple con los límites de deriva permitidos para la distorsión entrepiso, conforme a lo dispuesto por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.
- **HE3:** La **hipótesis 03 se rechaza**, ya que las verificaciones del esfuerzo axial máximo, la fisuración y el agrietamiento realizadas demuestran que el sistema estructural no cumple con las disposiciones establecidas en la Norma Técnica E.070 Albañilería, considerando el diseño sísmico de muros portantes de albañilería.

En función de los resultados obtenidos, **se rechaza parcialmente la hipótesis general**, concluyéndose que el sistema de pórtico armado y albañilería presenta un comportamiento estructural global adecuado, pero no cumple con los criterios de resistencia y desempeño sísmico exigidos para la albañilería portante, limitando su aplicación estructural en edificaciones de cinco niveles.



### 5.2.2 Hipótesis específica 01

“Las propiedades mecánicas de resistencia promedio a compresión de la unidad ( $f^b$ ), de las pilas ( $f^m$ ), módulo de elasticidad de pilas ( $E_m$ ) y resistencia compresión diagonal de los muretes ( $V^m$ ) de albañilería construidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, cumplen con los valores mínimos establecidos por la Norma Técnica E.070 Albañilería, siendo estos:  $f^b = 50 \text{ kg/cm}^2$  para las unidades,  $f^m = 74 \text{ kg/cm}^2$  para las pilas,  $E_m = 51800 \text{ kg/cm}^2$  módulo de elasticidad de pilas y  $V^m = 8,6 \text{ kg/cm}^2$  para los muretes”.

Para contrastar esta hipótesis, se evaluaron las propiedades mecánicas de resistencia de la unidad ( $f^b$ ), de las pilas ( $f^m$ ), módulo de elasticidad de pilas ( $E_m$ ) y resistencia compresión diagonal de los muretes ( $V^m$ ) de albañilería y se compararon con los valores mínimos establecidos en la Norma Técnica E.070 de Albañilería, utilizando la prueba de T de studen.

#### a) Resistencia a compresión axial de la unidad $f^b$

Se empleó la prueba t para una muestra con el propósito de verificar si la resistencia a compresión axial promedio de las unidades de albañilería es menor al valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería, correspondiente a  $50 \text{ kg/cm}^2$ .

##### Datos:

- Tamaño de la muestra (n): 5
- Media ( $\bar{x}$ ):  $15.76 \text{ kg/cm}^2$
- Desviación estándar:  $1.75 \text{ kg/cm}^2$
- Valor normativo ( $\mu_0$ ):  $50 \text{ kg/cm}^2$

##### Hipótesis:

- $H_0: \bar{x} < 50 \text{ kg/cm}^2$  (La resistencia a compresión axial de la unidad de albañilería no cumple con la Norma E.070 Albañilería)
- $H_1: \bar{x} > 50 \text{ kg/cm}^2$  (La resistencia a compresión axial de la unidad de albañilería cumple con la Norma E.070 Albañilería)

##### Cálculo estadístico t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$



$$t = \frac{15.76 - 50}{\frac{1.75}{\sqrt{5}}}$$
$$t = -43.750$$

Para una muestra conformada de 5 unidades de bloques de concreto, con 4 grados de libertad y un nivel de confianza del 95%, el valor crítico teórico de  $t$  es  $\pm 2.132$  como indica en el Anexo 05.

Dado que el valor calculado de  $t$  es de  $-43.750$ , el cual es menor que  $-2.132$  este valor indica en el Anexo 5, se procede a aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ). En consecuencia, se concluye que la resistencia a compresión axial promedio de las unidades de albañilería es significativamente inferior al valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería, lo que evidencia el incumplimiento de la normativa y la inadecuación del material para fines estructurales.

#### b) Resistencia a compresión axial de pilas $f'm$

Se evaluó si la resistencia promedio a compresión axial promedio de las pilas es menor al valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería, el cual corresponde a  $74 \text{ kg/cm}^2$ .

##### Datos:

- Tamaño de la muestra ( $n$ ): 5
- Media ( $\bar{x}$ ):  $19.52 \text{ kg/cm}^2$
- Desviación estándar:  $1.94 \text{ kg/cm}^2$
- Valor normativo ( $\mu_0$ ):  $74 \text{ kg/cm}^2$

##### Hipótesis:

- $H_0: \bar{x} < 74 \text{ kg/cm}^2$  (La resistencia a compresión axial de pilas de albañilería no cumple con la Norma E.070 Albañilería)
- $H_1: \bar{x} > 74 \text{ kg/cm}^2$  (La resistencia a compresión axial de pilas de albañilería cumple con la Norma E.070 Albañilería)

##### Cálculo estadístico $t$ :

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$



$$t = \frac{19.52 - 74}{\frac{1.94}{\sqrt{5}}}$$
$$t = -62.794$$

Para una muestra compuesta por 5 pilas de albañilería, con 4 grados de libertad y un nivel de confianza del 95 %, el valor crítico teórico de t corresponde a  $\pm 2.132$ . Dado que el valor calculado de t fue -62.794, el cual resulta menor que -2.132, se procede a aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ). En consecuencia, se determina que la resistencia a compresión axial promedio de las pilas de albañilería es significativamente inferior al valor mínimo exigido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería, evidenciando el incumplimiento de los requisitos normativos.

### c) Módulo de elasticidad en pilas $E_m$

Se evaluó si el módulo de elasticidad promedio de las pilas de albañilería es menor al valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería, equivalente a 51 800 kg/cm<sup>2</sup>.

#### Datos:

- Tamaño de la muestra (n): 5
- Media ( $\bar{x}$ ): 6785.94kg/cm<sup>2</sup>
- Desviación estándar: 3447.71kg/cm<sup>2</sup>
- Valor normativo ( $\mu_0$ ): 51800kg/cm<sup>2</sup>

#### Hipótesis:

- $H_0$ :  $\bar{x} < 51800\text{kg/cm}^2$  (El módulo de elasticidad de las pilas de albañilería no cumple con la Norma E.070 Albañilería)
- $H_1$ :  $\bar{x} > 51800\text{kg/cm}^2$  (El módulo de elasticidad de las pilas de albañilería cumple con la Norma E.070 Albañilería)

#### Cálculo estadístico t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$
$$t = \frac{6785.94 - 51800}{\frac{3447.71}{\sqrt{5}}}$$
$$t = -29.195$$



Para una muestra compuesta por 5 módulos de elasticidad de pilas, con 4 grados de libertad y un nivel de confianza del 95 %, el valor crítico teórico de t es  $\pm 2.132$ . Dado que el valor calculado de t fue -29.195, el cual resulta menor que -2.132, se procede a aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ). En consecuencia, se concluye que el módulo de elasticidad promedio de las pilas de albañilería es significativamente inferior al valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería, lo que evidencia un incumplimiento de los criterios normativos de rigidez del material.

**d) Resistencia a compresión diagonal de muretes V'm**

Se comprobó si la resistencia promedio a compresión diagonal promedio de los muretes presentaba valores menores al límite mínimo establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería, el cual corresponde a 8.6 kg/cm<sup>2</sup>.

**Datos:**

- Tamaño de la muestra (n): 5
- Media ( $\bar{x}$ ): 3.28kg/cm<sup>2</sup>
- Desviación estándar: 0.29kg/cm<sup>2</sup>
- Valor normativo ( $\mu_0$ ): 8.6kg/cm<sup>2</sup>

**Hipótesis:**

- $H_0: \bar{x} < 8.6 \text{ kg/cm}^2$  (La resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería no cumple con la Norma E.070 Albañilería)
- $H_1: \bar{x} > 8.6 \text{ kg/cm}^2$  (La resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería cumple con la norma E.070 Albañilería)

**Cálculo estadístico t:**

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{3.28 - 8.6}{\frac{0.29}{\sqrt{5}}}$$

$$t = -41.020$$

Para una muestra conformada de 5 muretes bloques de concreto, con 4 grados de libertad y un nivel de confianza del 95%, el valor crítico teórico de t es  $\pm 2.132$ .



Dado que el valor calculado de  $t$  es de  $-41.020$ , el cual es menor que  $-2.132$ , se procede a aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ). En consecuencia, se concluye que la resistencia a compresión diagonal en muretes promedio de albañilería es significativamente inferior al valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería.

Los resultados obtenidos evidencian que las propiedades mecánicas de las prismas de albañilería no superan los valores mínimos establecidos por la Norma Técnica E.070 de Albañilería. En consecuencia, los bloques de concretos fabricados en la ciudad de Abancay no resultan aptos para su aplicación estructural. Por tanto, los resultados estadísticos respaldan la aceptación de la hipótesis nula y se rechaza **la hipótesis 01 planteada**.

### 5.2.3 Hipótesis específica 02

“El modelamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles en Abancay, Apurímac, cumple con los límites de deriva permitidos para la distorsión entrepiso, establecidos por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente”.

Para el contraste de la hipótesis, se compararon los resultados obtenidos del modelamiento estructural con los límites establecidos por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

Dicha norma establece que la deriva máxima permisible para estructuras de concreto armado es de  $0.007$ , mientras que para estructuras de albañilería es de  $0.005$ .

Del análisis estructural realizado, se obtuvo que la deriva promedio del sistema de pórtico armado es de  $0.005$ , y la deriva promedio del sistema de albañilería es de  $0.004$ .

Ambos valores se encuentran dentro de los límites normativos establecidos por la E.030.



En consecuencia, **la hipótesis nula se acepta**, concluyéndose que el modelamiento estructural del sistema de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto cumple con los límites de deriva permitidos para la distorsión entrepiso, conforme a lo dispuesto por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

**a) Derivas en pórtico armado X-X**

Se empleó la prueba t para una muestra con el propósito de verificar la deriva promedio es menor al valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.030 de Pórtico armado, correspondiente a 0.007.

**Datos:**

- Tamaño de la muestra (n): 5
- Media ( $\bar{x}$ ): 0.0050
- Desviación estándar: 0.0015
- Valor normativo ( $\mu_0$ ): 0.007

**Hipótesis:**

- **H<sub>0</sub>:  $\bar{x} < 0.007$**  (La deriva en el pórtico armado cumple con la norma E.030 Diseño Sismorresistente)
- **H<sub>1</sub>:  $\bar{x} > 0.007$**  (La deriva en el pórtico armado no cumple con la Norma E.030 Diseño Sismorresistente)

**Cálculo estadístico t:**

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{0.0050 - 0.007}{\frac{0.0015}{\sqrt{5}}}$$
$$t = -2.981$$

Para una muestra conformada de 5 niveles de la edificación, con 4 grados de libertad y un nivel de confianza del 95%, el valor crítico teórico de t es  $\pm 2.132$  como indica en el Anexo 05.

Dado que el valor calculado de t es de -2.981, el cual es menor que -2.132 este valor indica en el Anexo 5, se procede a aceptar la hipótesis nula (**H<sub>0</sub>**). En consecuencia, se concluye que la deriva promedio del pórtico armado es inferior



al valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente, lo que evidencia el cumplimiento de la normativa.

**b) Derivas en albañilería Y-Y**

Se empleó la prueba t para una muestra con el propósito de verificar la deriva promedio es menor al valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.030 de Albañilería, correspondiente a 0.005.

**Datos:**

- Tamaño de la muestra (n): 5
- Media ( $\bar{x}$ ): 0.004
- Desviación estándar: 0.0013
- Valor normativo ( $\mu_0$ ): 0.005

**Hipótesis:**

- **$H_0: \bar{x} < 0.005$**  (La deriva en la albañilería cumple con la norma E.030 Diseño Sismorresistente)
- **$H_1: \bar{x} > 0.005$**  (La deriva en la albañilería no cumple con la Norma E.030 Diseño Sismorresistente)

**Cálculo estadístico t:**

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{0.004 - 0.005}{\frac{0.0013}{\sqrt{5}}}$$

$$t = -1.720$$

Para una muestra conformada de 5 niveles de la edificación, con 4 grados de libertad y un nivel de confianza del 95%, el valor crítico teórico de t es  $\pm 2.132$  como indica en el Anexo 05.

Dado que el valor calculado de t es de -1.720, el cual es menor que 2.132 este valor indica en el Anexo 5, se procede a aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ). En consecuencia, se concluye que la deriva promedio de la albañilería es inferior al valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente, lo que evidencia el cumplimiento de la normativa.



### 5.2.4 Hipótesis específica 03

“El sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles, ubicadas en la ciudad de Abancay, cumple con los requerimientos establecidos en la Norma Técnica E.070 Albañilería, para el diseño sísmico de muros portantes”.

Para el contraste de la hipótesis planteada se evaluó el diseño sísmico de los muros, considerando la verificación del esfuerzo axial máximo, la fisuración y el agrietamiento. Dicha evaluación se realizó conforme a los requerimientos establecidos en la Norma Técnica E.070 Albañilería, aplicable a muros portantes construidos con bloques de concreto.

#### a) Verificación del esfuerzo axial máximo en muros de albañilería

Se empleó la prueba t para una muestra con el propósito de verificar esfuerzo axial máximo en muros de albañilería de establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería, mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f'_m$$

A continuación, se observa que los muros se evaluarán con la prueba de hipótesis.

#### Datos:

- Tamaño de la muestra (n): 10
- Media ( $\bar{x}$ ): 44.58 tonf/cm<sup>2</sup>
- Desviación estándar: 34.47
- Carga de servicio requerido ( $\mu_0$ ): 87.64 tonf/cm<sup>2</sup>

#### Hipótesis:

- **H<sub>0</sub>:  $\bar{x} < 87.64 \text{ tonf/cm}^2$**  (El esfuerzo axial máximo en muros en la albañilería no cumple con la norma E.070 Albañilería)
- **H<sub>1</sub>:  $\bar{x} > 87.64 \text{ tonf/cm}^2$**  (El esfuerzo axial máximo en muros en la albañilería cumple con la norma E.070 Albañilería)

#### Cálculo estadístico t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$



$$t = \frac{44.58 - 87.64}{\frac{34.47}{\sqrt{10}}}$$
$$t = -3.950$$

Para una muestra conformada de 5 niveles de la edificación, con 9 grados de libertad y un nivel de confianza del 95%, el valor crítico teórico de t es  $\pm 1.833$  como indica en el Anexo 05.

Dado que el valor calculado de t es de -3.950, el cual es menor que -1.833 este valor indica en el Anexo 5, se procede a aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ). En consecuencia, se concluye que la carga de servicio promedio los muros de albañilería no soportan la carga axial establecido por la expresión de la Norma Técnica E.070 de Albañilería, lo que evidencia el incumplimiento de la expresión normativa.

En conclusión, se determina que los muros presentan falla ante la carga de gravedad de servicio máxima.

#### b) Verificación de fisuración en muros de albañilería

Se empleó la prueba t para una muestra con el propósito de verificar fisuración en muros de albañilería en muros de albañilería de establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería, mediante la siguiente expresión:

$$V_e \leq 0,55V_m = \text{Fuerza Cortante Admisible}$$

#### Datos:

- Tamaño de la muestra (n): 10
- Media ( $\bar{x}$ ): 19.87 tonf/cm<sup>2</sup>
- Desviación estándar: 7.54 tonf/cm<sup>2</sup>
- Fuerza cortante admisible ( $\mu_0$ ): 20.27 tonf/cm<sup>2</sup>

#### Hipótesis:

- $H_0$ :  $\bar{x} < 20.27 \text{ tonf/cm}^2$  (Verificación de fisuración en la albañilería no cumple con la norma E.070 Albañilería)
- $H_1$ :  $\bar{x} > 20.27 \text{ tonf/cm}^2$  (Verificación de fisuración en la albañilería cumple con la norma E.070 Albañilería)



**Cálculo estadístico t:**

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{19.87 - 20.27}{\frac{7.54}{\sqrt{10}}}$$

$$t = -0.167$$

Para una muestra conformada de 5 niveles de la edificación, con 9 grados de libertad y un nivel de confianza del 95%, el valor crítico teórico de t es  $\pm 1.833$  como indica en el Anexo 05.

Dado que el valor calculado de t es de -0.167, el cual está dentro del nivel de confianza 1.833 este valor indica en el Anexo 5, se procede a aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ). En consecuencia, se concluye que la fuerza cortante admisible los muros de albañilería no soportan presentando fisuración de albañilería la carga axial establecido por la expresión de la Norma Técnica E.070 de Albañilería, lo que evidencia el incumplimiento de la expresión normativa.

En conclusión, se determina que los muros presentan falla ante la fuerza cortante admisible.

En conclusión, se determina que **los muros presentan fisuración al ser sometidos a un sismo moderado**, por lo que no cumplen con el límite establecido por la norma.

**c) Verificación de agrietamiento en muros de agrietamiento**

Se empleó la prueba t para una muestra con el propósito de verificar el agrietamiento en muros de albañilería en muros de albañilería de establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería, mediante la siguiente expresión:

$$V_{mi} > V_{ui}$$

**Datos:**

- Tamaño de la muestra (n): 10



- Media ( $\bar{x}$ ): 19.87 tonf/cm<sup>2</sup>
- Desviación estándar: 7.54 tonf/cm<sup>2</sup>
- Cortante de agrietamiento diagonal ( $\mu_0$ ): 41.21 tonf/cm<sup>2</sup>

**Hipótesis:**

- **H<sub>0</sub>:  $\bar{x} < 41.21 \text{ tonf/cm}^2$**  (Verificación de fisuración en la albañilería no cumple con la norma E.070 Albañilería)
- **H<sub>1</sub>:  $\bar{x} > 41.21 \text{ tonf/cm}^2$**  (Verificación de fisuración en la albañilería cumple con la norma E.070 Albañilería)

**Cálculo estadístico t:**

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{19.87 - 41.21}{\frac{7.54}{\sqrt{10}}}$$

$$t = -8.950$$

Para una muestra conformada de 5 niveles de la edificación, con 9 grados de libertad y un nivel de confianza del 95%, el valor crítico teórico de t es  $\pm 1.833$  como indica en el Anexo 05.

Dado que el valor calculado de t es de -8.950, el cual está dentro del nivel de confianza 1.833 este valor indica en el Anexo 5, se procede a aceptar la hipótesis nula (**H<sub>0</sub>**). En consecuencia, se concluye que la fuerza cortante actuante en cada entrepiso los muros de albañilería no soportan la cortante de agrietamiento diagonal establecido por la expresión de la Norma Técnica E.070 de Albañilería, lo que evidencia el incumplimiento de la expresión normativa.

En conclusión, al realizar la verificación se observa que la cortante de agrietamiento diagonal es menor que la fuerza cortante actuante en cada entrepiso, por lo que se concluye que todos los muros, sin excepción, **presentan agrietamiento.**

En el contraste de la hipótesis 03, **se rechaza la hipótesis planteada y se acepta la hipótesis nula.**



### 5.3 Discusión

#### 5.3.1 Respecto a las propiedades mecánicas de resistencia a compresión de la unidad ( $f'_b$ ), de las pilas ( $f'_m$ ), módulo de elasticidad de pilas ( $E_m$ ) y resistencia compresión diagonal de los muretes ( $V'_m$ ) de albañilería construidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, 2024.

El análisis de los ensayos realizados en los prismas de albañilería conformados por bloques de concreto evidenció que los valores de resistencia mecánica obtenidos fueron significativamente inferiores a los establecidos por la Norma Técnica E.070 de Albañilería. La resistencia a compresión axial de las unidades alcanzó 14.01 kg/cm<sup>2</sup>, las pilas 17.59 kg/cm<sup>2</sup>, los muretes en compresión diagonal 2.99 kg/cm<sup>2</sup> y el módulo de elasticidad 3338.23 kg/cm<sup>2</sup>. En comparación, la norma exige resistencias mínimas de 50 kg/cm<sup>2</sup>, 74 kg/cm<sup>2</sup>, 8.6 kg/cm<sup>2</sup> y 51 800 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Está marcada diferencia confirma que los bloques evaluados no cumplen con las propiedades requeridas para actuar como elementos portantes, limitando su aplicación en edificaciones de carácter estructural.

Estos resultados son consistentes con investigaciones previas Choque y Ticona (2024), reportaron en bloques mecanizados de Tacna resistencias a compresión de 44.36 kg/cm<sup>2</sup> y al corte de 2.19 kg/cm<sup>2</sup>, valores superiores a los del presente estudio, pero aún por debajo de la normativa, por lo que también recomendaron restringir su uso estructural. De igual forma, Arredondo y Maldonado (2021) demostraron que los prismas elaborados con bloques huecos reforzados con soga driza presentaron propiedades mecánicas más altas y un comportamiento más dúctil, resaltando la eficacia del reforzamiento como estrategia de mejora. En contraste, los bloques analizados en esta investigación, sin refuerzo alguno, mostraron un comportamiento frágil y resistencias insuficientes, lo que coincide con los hallazgos de dichos autores sobre la vulnerabilidad de la albañilería sin tratamientos adicionales.

La comparación entre los resultados experimentales, la normativa vigente y la evidencia empírica revisada revela que la deficiencia observada no es un hecho aislado, sino un problema recurrente en la producción local y regional de bloques de concreto, atribuible a procesos de fabricación inadecuados y ausencia de control de calidad. En consecuencia, se reafirma la necesidad de implementar mecanismos



de supervisión más rigurosos en la elaboración de unidades de albañilería, así como fomentar el uso de técnicas de refuerzo como la sogá driza que contribuyan a mejorar el desempeño estructural y garantizar la seguridad sísmica de las edificaciones.

### **5.3.2 Respecto al modelamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024.**

La investigación permitió analizar el modelamiento estructural de un edificio multifamiliar de cinco niveles, considerando el sistema de pórtico armado y albañilería confinada conformada por bloques de concreto. Ambos fueron modelados en el software ETABS 2018, lo que facilitó representar con precisión la geometría, las cargas y las condiciones de apoyo de cada sistema. Este modelamiento posibilitó evaluar la respuesta dinámica de las estructuras bajo la filosofía de diseño establecida por la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, permitiendo comparar el comportamiento estructural de ambos sistemas frente a las acciones sísmicas.

De los resultados obtenidos se observó que el sistema de albañilería confinada presentó desplazamientos laterales menores a 0.0050, manteniéndose dentro del rango seguro y sin superar el límite máximo permitido por la norma (0.005). En contraste, el sistema aporticado alcanzó aproximadamente 0.0067, valor que, aunque cercano al límite normativo de 0.007, se mantiene dentro de lo admisible. Esta diferencia evidencia la mayor rigidez del sistema de albañilería confinada frente a la mayor ductilidad del sistema aporticado. Además, la verificación de irregularidades, derivas y excentricidad accidental confirmó el cumplimiento de las disposiciones normativas en ambos modelos, validando la confiabilidad del análisis estructural realizado. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Perez y Tequen (2021), quienes sostienen que ambos sistemas presentan comportamientos sísmicos distintos, pero pueden alcanzar un desempeño estructural satisfactorio cuando son correctamente modelados y diseñados según los criterios establecidos.



**5.3.3 Respecto a la verificación del sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles en la ciudad de Abancay, Apurímac, considerando el diseño sísmico de los muros portantes de acuerdo con las disposiciones establecidas en la Norma Técnica E.070 Albañilería.**

La verificación estructural del sistema conformado por pórtico armado y muros de albañilería de bloques de concreto en una edificación de cinco niveles en Abancay demostró que el pórtico cumple con los criterios de diseño establecidos, garantizando la estabilidad global de la estructura. Sin embargo, los muros portantes presentaron deficiencias en la resistencia a compresión axial, así como fisuramiento y agrietamiento, lo que impidió cumplir con la densidad mínima de muros reforzados exigida por la Norma Técnica E.070 (RNE, 2006).

Estos resultados guardan relación con lo encontrado por Morales (2021), quien, al evaluar un sistema dual de pórtico armado y muros portantes de albañilería liviana en una edificación de cuatro niveles, identificó fisuración significativa en los niveles superiores debido a la variabilidad de los materiales y al espesor insuficiente de los muros. En ambos casos, las deficiencias en la calidad de la albañilería y la falta de refuerzo adecuado influyen directamente en la capacidad estructural frente a cargas sísmicas.

Por tanto, se recomienda optimizar la densidad de muros reforzados e incorporar acero de refuerzo horizontal en la albañilería, a fin de controlar el fisuramiento y mejorar la resistencia a compresión axial. Estas medidas permitirán cumplir con las disposiciones normativas y asegurar un desempeño estructural adecuado del sistema mixto ante acciones sísmicas.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- **Primera:** En función de los resultados alcanzados, se determina que el sistema estructural conformado por pórtico armado y albañilería de bloques de concreto en edificaciones de cinco niveles en Abancay presenta un comportamiento estructural global parcialmente adecuado. El análisis verificó que, aunque el pórtico armado cumple con los límites de deriva y los criterios de diseño sísmico establecidos en la Norma Técnica E.030, los muros de albañilería evidencian deficiencias en la resistencia a compresión axial, fisuración y agrietamiento, incumpliendo los parámetros establecidos en la Norma Técnica E.070 de Albañilería. En consecuencia, se concluye que el sistema mixto de pórtico armado y albañilería de bloques de concreto ofrece una respuesta favorable en términos de rigidez y estabilidad global, pero no cumple con los requisitos normativos de resistencia ni con el desempeño sísmico exigido para la albañilería portante, por lo que su aplicación debe considerarse con restricciones en edificaciones de cinco niveles ubicadas en zonas sísmicas como Abancay.
- **Segunda:** Los resultados obtenidos demuestran que las propiedades mecánicas de la albañilería conformada con bloques de concreto presentan valores muy por debajo de los mínimos establecidos por la Norma Técnica E.070 de Albañilería. La resistencia a compresión de la unidad ( $f'_b = 14.01 \text{ kg/cm}^2$ ) representa solo el 28.02 % del valor normativo de  $50 \text{ kg/cm}^2$ ; la resistencia a compresión axial en pilas ( $f'_m = 17.58 \text{ kg/cm}^2$ ) equivale al 23.77 % del valor exigido de  $74 \text{ kg/cm}^2$ ; el módulo de elasticidad ( $E_m = 3340 \text{ kg/cm}^2$ ) alcanza apenas el 6.44 % del valor de referencia de  $51800 \text{ kg/cm}^2$ ; y la resistencia a compresión diagonal en muretes ( $V'_m = 2.99 \text{ kg/cm}^2$ ) corresponde al 34.77 % del valor normativo de  $8.6 \text{ kg/cm}^2$ .

En consecuencia, se concluye que ninguno de los parámetros evaluados cumple con los requisitos mínimos establecidos por la Norma E.070, determinándose que los bloques de concretos fabricados en Abancay no son aptos para su aplicación estructural en muros portantes de edificaciones de varios niveles.



- **Tercera:** Los resultados del modelamiento estructural del sistema conformado por pórtico armado y albañilería de bloques de concreto en edificaciones de cinco niveles en Abancay demuestran que ambos componentes cumplen con los límites de deriva permisibles establecidos por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. La deriva máxima obtenida para el pórtico armado fue de 0.0067 y para la albañilería de 0.0050, valores que se encuentran dentro de los límites normativos de 0.007 y 0.005, respectivamente. Por tanto, se concluye que el sistema estructural presenta un comportamiento adecuado frente a la distorsión entrepiso y responde de manera estable ante acciones sísmicas, garantizando la rigidez lateral y la seguridad estructural exigidas por la normativa vigente.
- **Cuarta:** La verificación estructural del sistema mixto de pórtico armado y albañilería de bloques de concreto en una edificación de cinco niveles demuestra que el pórtico armado cumple con los criterios de diseño establecidos, garantizando la estabilidad global de la estructura. Sin embargo, los muros de albañilería presentan deficiencias en la resistencia a compresión axial, así como fisuramiento y agrietamiento, lo que impide el cumplimiento de la densidad mínima de muros reforzados exigida por la normativa. En consecuencia, se concluye que el sistema requiere la incorporación de refuerzos horizontales y la optimización del refuerzo en los Piers A y B para mejorar su desempeño estructural y garantizar un comportamiento sísmico adecuado en todos los niveles de la edificación.



## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Abancay y al Gobierno Regional de Apurímac fortalecer los mecanismos de control, supervisión y certificación en los centros de producción de bloques de concreto, con el propósito de garantizar que las unidades fabricadas cumplan con los valores mínimos establecidos en la Norma Técnica E.070. Esto permitirá evitar el uso de materiales no estructurales en edificaciones y contribuirá significativamente a la seguridad sísmica de la población.
- Asimismo, se sugiere implementar programas de capacitación dirigidos a fabricantes, maestros de obra y constructores locales, orientados al adecuado proceso de producción de bloques de concreto, al reconocimiento de unidades estructurales y no estructurales, y al uso adecuado de los ensayos de control de calidad establecidos por las Normas Técnicas E.070 y NTP correspondientes.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Abancay establecer procedimientos de fiscalización periódica en edificaciones que utilicen sistemas de albañilería y pórtico armado, con el fin de verificar el cumplimiento de los criterios de deriva y desempeño sísmico definidos en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. De esta manera, se asegurará que las construcciones mantengan una rigidez lateral adecuada y un comportamiento sísmico seguro.
- Finalmente, se exhorta al Gobierno Regional de Apurímac a promover estudios regionales sobre la calidad de los bloques de concreto producidos en distintas localidades, a fin de identificar variaciones en su resistencia, estandarizar procesos de fabricación y establecer lineamientos técnicos que permitan mejorar la calidad de los materiales utilizados en edificaciones de uso estructural.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ARIAS, Jose y COVINOS, Mitsuo. 2021.** DISEÑO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 2021. <https://www.researchgate.net/publication/352157132>

**ARREDONDO, Karina y MALDONADO, Fray Miguel. 2021.** Variación del comportamiento mecánico en prismas de albañilería tradicional y reforzadas con sogas drizas utilizando bloques huecos de concreto en la ciudad de Abancay, 2021. Abancay : s.n., 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.14512/664>

**AUCCAHUASI, Oscar David. 2022.** Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del diseño estructural del pabellón de ingeniería de minas de la sede central de la unamba. Abancay : s.n., 2022. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1189>

**CHOQUE, Jean Pierre y TICONA, Leonardo Johan. 2024.** Evaluación de la resistencia al corte y axial en prismas de albañilería de bloques de concreto mecanizado, fabricados en la ciudad de Tacna, 2024. Tacna : s.n., 2024. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3861>

**CONDORI, Winmer y SALAZAR, Juan. 2020.** DIAGNÓSTICO DE LAS DEFICIENCIAS CONSTRUCTIVAS EN VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DEL DISTRITO DE VITOC, CHANCHAMAYO. Huancayo : s.n., 2020. pág. 138. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1592>

**DIAS, João, y otros. 2022.** On the Seismic Behavior of Masonry Infilled Frame Structures. 2022. <https://doi.org/10.3390/buildings12081146>

**DIAZ, M, ZAVALA, C y FLORES, E. 2020.** StStructural assessment of confined masonry retrofitting under multi-seismic scenarios in Metropolitan Lima area. Lima : s.n., 2020. <https://www.semanticscholar.org/paper/STRUCTURAL-ASSESSMENT-OF-CONFINED-MASONRY-UNDER-IN-Diaz-Zavala/b6a6c891eeaf6a77f7d21318a391167535d9e377>

**ESKI, Hakkı, SAYIN, Barış y GÜNES, Barış. 2020.** The effect on structural behavior of different slab types for RC buildings. 2020. <https://doi.org/10.31462/jseam.2020.01041048>

**ESTEBAN, Katerin, COCO, Mollehuara y CORDOVA, Jimmy. 2020.** Comportamiento sísmico de los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro, El Tambo, 2020. Huancayo : s.n., 2020. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8207/3/IV\\_FIN\\_105\\_TI\\_Esteban\\_Cordova\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8207/3/IV_FIN_105_TI_Esteban_Cordova_2020.pdf)

**GHIASSI, Bahman y LOURENCO, Paulo B. 2018.** Long-term Performance and Durability of Masonry Structures: Degradation Mechanisms, Health Monitoring and Service Life Design. 2018. [https://books.google.com/books/about/Long\\_term\\_Performance\\_and\\_Durability\\_of.html?hl=es&id=7nt8DwAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/Long_term_Performance_and_Durability_of.html?hl=es&id=7nt8DwAAQBAJ)

**GIMRANOV, Linur y FATTKHOVA, Alsou. 2020.** Shear stops forces distribution analysis in combined floors of multi-storey buildings. 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/890/1/012080>



**GIRI, Prajwal, y otros. 2019.** Comparison between the seismic codes of Nepal, India, Japan, and EU. 2019. <https://doi.org/10.1007/S42107-018-0102-8>

**Gobierno del Perú. 2018.** E.030 Diseño Sismorresistente. 2018. <https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view>

**HERNANDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. 2018.** METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA. 2018. 9781456260965. <https://bibliotecadigital.uce.edu.ec/s/L-D/item/793>

**KALLIORAS, Stylianos, y otros. 2023.** Seismic performance of a full-scale five-story masonry-infilled RC building subjected to substructured pseudodynamic tests. 2023. <https://doi.org/10.1002/EQE.3940>

**LOZANO, Diego, SERRANO, Miguel A. y LOPEZ, Carlos. 2019.** Design of Flexible Structural System for Building Customization. 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2103830>

**LUNA, Jhon Percy. 2021.** Diseño y evaluación del desempeño sismorresistente de un edificioaporticado de concreto armado de diez pisos, Abancay, Apurímac-2021. Abancay : s.n., 2021. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_e07cd666cf7ad4bc1349ef77d0a95c3d](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_e07cd666cf7ad4bc1349ef77d0a95c3d)

**MEDINA, Elmer Jhone. 2022.** Evaluación de bloques de concreto adicionando poliestireno, Chota. Chota : s.n., 2022. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/223>

**MILIJAS, Aleksa, y otros. 2023.** Experimental results of reinforced concrete frames with masonry infills with and without openings under combined quasi-static in-plane and out-of-plane seismic loading. 2023. <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01664-4>

**MONDRAGON, Fiorela y REYES, Darly. 2022.** Análisis técnico - económico de una edificación multifamiliar de 05 niveles comparando un sistema en albañilería confinada y un sistema de concreto armado. Chiclayo : s.n., 2022. [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/6736/F.Mondragon\\_D.Reyes\\_Tesis\\_Titulo\\_Profesional\\_2022.PDF](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/6736/F.Mondragon_D.Reyes_Tesis_Titulo_Profesional_2022.PDF)

**MONICAL, Jonathan y PUJOL, Santiago. 2024.** A study of the response of reinforced concrete frames with and without masonry infill walls to earthquake motions. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106345>

**MORALES, Jorge Andre. 2021.** Evaluación del comportamiento estructural de una edificación de 04 niveles configurada con un sistema dual construida con unidades de albañilería liviana en el distrito de Huancayo, año 2019. Huancayo : s.n., 2021. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9403>

**PEREZ, Ever y TEQUEN, Yeltsin. 2021.** Comparativo Estructural del Sistema Aporticado y Albañilería Confinada de un Edificio Multifamiliar, Jaén – Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2021. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/285>

**POLONIA, Claudia, y otros. 2020.** Metodología de Investigación Cuantitativa & Cualitativa. Aspectos conceptuales y prácticos para la aplicación en niveles de educación superior. 2020. 978-958-8292-99-1. <https://doi.org/10.54278/9789588292991>



**PUERTA, Lizbeth Magdalena y MARÍN, Enselmina. 2015.** ANÁLISIS DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE UN INSTRUMENTO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD-INDUSTRIA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. Mexico : s.n., 2015. <https://repositorios.fca.unam.mx/investigacion/memorias/2015/2.02.pdf>

**RIVERA, Juan Guillermo. 2023.** Resistencia de materiales. 2023. <https://proyectodescartes.org/descartescms/otras-areas/ingenieria-y-tecnologia/item/4454-resistencia-de-materiales>

**RUANO, Oscar A., CARREÑO, Fernando y CARSI, Manuel. 2018.** Ductility and Stability in Metallic Materials. 2018. 9783035712087. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/MSF.941.2319>

**RUPAY, Marcos, y otros. 2022.** Análisis sísmico de fuerzas estáticas equivalentes de un pórtico de 3 niveles. Chanchamayo : s.n., 2022. <https://doi.org/10.54288/YOTANTSIPANKO.V2I2.24>

**SIDDIKA, Ayesha, y otros. 2020.** Performances, challenges and opportunities in strengthening reinforced concrete structures by using FRPs – A state-of-the-art review. Australia : s.n., 2020. pág. 59. 13506307. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104480>

**TANHAEEAN, Mehrab, GHADERI, Seyed Farid y SHEIKHALISHAHI, Mohammad. 2023.** A Decision-Making Framework for Optimal Maintenance Management: An Integrated Simulation- Mathematical Programming- Expert System Approach. 2023. <https://doi.org/10.2139/SSRN.4437990>

**TURCANU, Daniela. 2020.** Heritage. 2020. 978-1-83881-926-2. <https://www.amazon.com/-/es/Daniela-Turcanu-Carutiu/dp/183881924X>

**UDOEYO, Felix. 2020.** Structural Analysis. 2020. <https://dx.doi.org/10.1515/9783110862409.123>

**WANG, Jeen Hwa. 2019.** A Review on Scaling of Earthquake Source Spectra. 2019. 15730956. <https://doi.org/10.1007/S10712-019-09512-4/METRICS>

**YANG, Shufen y HUANG, Xinyao. 2021.** Research on the Application of Models Based on Mathematical Theory in the Analysis of Building Structures. China : s.n., 2021. pág. 5. Vol. 1802. 17551315. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1802/4/042057>



## ANEXOS



Anexo A

Tabla 56 — Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general</b> ¿Cuál es el comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Analizar el comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> El comportamiento estructural del sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada por bloques de concreto cumple con los criterios de desempeño sísmico y los límites establecidos por las Normas Técnicas E.030 y E.070 en edificaciones de cinco niveles en Abancay, Apurímac, 2024.</p>	<p><b>VD:</b> Comportamiento estructural</p>	<p><b>D1:</b> Análisis estructural</p> <p><b>D2:</b> Validación estructural</p>	<p><b>I1:</b> Análisis estático</p> <p><b>I2:</b> Análisis dinámico</p> <p><b>I1:</b> Restricciones a la irregularidad</p>	<p><b>Tipo de Investigación</b>  El proyecto de investigación es aplicado</p>
<p><b>Problema específico</b>  <b>PE1:</b> ¿Cuáles son las propiedades mecánicas de resistencia a compresión de la unidad (<math>f^b</math>), de las pilas (<math>f^m</math>), módulo</p>	<p><b>Objetivos específicos</b>  <b>OE1:</b> Determinar las propiedades mecánicas de resistencia a compresión de la unidad (<math>f^b</math>), de las pilas (<math>f^m</math>), módulo de</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b>  <b>HE1:</b> Las propiedades mecánicas de resistencia a compresión de la unidad (<math>f^b</math>), de las pilas (<math>f^m</math>), módulo de elasticidad de pilas (<math>E_m</math>) y resistencia</p>	<p><b>VI:</b> Sistema de pórticos de concreto armado y albañilería confinada</p>	<p><b>D1:</b> Propiedades mecánicas de las prismas de albañilería</p> <p><b>D2:</b> Modelamiento estructural</p>	<p><b>I1:</b> Resistencia a compresión de la unidad (<math>f^b</math>), de las pilas (<math>f^m</math>) y de los muretes (<math>V^m</math>)</p> <p><b>I2:</b> Elementos estructurales, sísmicos y cargas</p>	<p><b>Nivel</b> La investigación es de tipo Explicativo</p> <p><b>Diseño</b> La investigación es no experimental</p>

<p>de elasticidad de pilas (Em) y resistencia compresión diagonal de los muretes (V'm) de albañilería contruidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, 2024?</p> <p><b>PE2:</b> ¿Cómo es el modelamiento estructural de sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024?</p>	<p>elasticidad de pilas (Em) y resistencia compresión diagonal de los muretes (V'm) de albañilería contruidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, 2024.</p> <p><b>OE2:</b> Determinar el modelamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024.</p>	<p>compresión diagonal de los muretes (V'm) de albañilería contruidos con bloques de concreto clase P en Abancay, Apurímac, cumplen con los valores mínimos establecidos por la Norma Técnica E.070 Albañilería, siendo estos: <math>f^b = 50 \text{ kg/cm}^2</math> para las unidades, <math>f^m = 74 \text{ kg/cm}^2</math> para las pilas, <math>E_m = 51800 \text{ kg/cm}^2</math> módulo de elasticidad de pilas y <math>V^m = 8,6 \text{ kg/cm}^2</math> para los muretes.</p> <p><b>HE2:</b> El modelamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles en Abancay, Apurímac, cumple con los límites de deriva permitidos para la distorsión entrepiso, establecidos por la Norma Técnica E.030</p>		<p><b>D3:</b> Verificación del sistema estructural</p>	<p><b>I3:</b> Verificación de esfuerzo axial máximo, fisuramiento y agrietamiento en los muros de albañilería.</p>	<p><b>La Población</b></p> <p>La población está conformada por 624 edificaciones ubicadas en el centro poblado de Patibamba Baja, en la ciudad de Abancay, que presentan cinco niveles y emplean un sistema estructural compuesto por pórticos armados y muros de albañilería conformados con bloques de concreto.</p> <p><b>La Muestra</b></p> <p>La muestra está constituida por una edificación de cinco niveles, localizada en la Av. Juan Pablo Castro S/N, en el centro poblado de Patibamba Baja, Abancay.</p>
---	---	---	--	--	--	---

<p><b>PE3:</b> ¿Cómo es la verificación del sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de cinco niveles en la ciudad de Abancay, Apurímac, considerando los requerimientos del diseño sísmico de muros portantes establecidos en la Norma Técnica E.070 de Albañilería?</p>	<p><b>OE3:</b> Verificar el sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles en la ciudad de Abancay, Apurímac, considerando el diseño sísmico de los muros portantes de acuerdo con las disposiciones establecidas en la Norma Técnica E.070 Albañilería.</p>	<p>Diseño Sismorresistente.</p> <p><b>HE3:</b> El sistema estructural de pórtico armado y albañilería conformada con bloques de concreto en edificaciones de 5 niveles, ubicadas en la ciudad de Abancay, cumple con los requerimientos establecidos en la Norma Técnica E.070 Albañilería, para el diseño sísmico de muros portantes.</p>				<p><b>Técnica</b></p> <p>Revisión documental</p> <p><b>Instrumento</b></p> <p>Fichas de registro</p>
--	--	--	--	--	--	--

**NOTA**

**Título:** Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay, Apurímac, 2024

## Anexo B

### MATERIALES DE ENSAYO



**Figura 45** — Adquisición de bloques de concreto de planta




**Figura 46** — Transporte de materiales al laboratorio de ingeniería civil



**Figura 47** — Construcción de prismas de albañilería

## Anexo C

### ENSAYO DE LAS PRISMAS DE ALBAÑILERIA




**HSH INGENIEROS**  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
RUC: 20608030043

# HYH INGENIEROS

CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
URB. SAN JOSE II ETAPA MZ A LOTE 1-ABANCAY-APURIMAC

## LABORATORIO DE ESTRUCTURAS




**PROYECTO** : “Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurímac, 2024”

**SOLICITANTE** : Elvis Frich Huaraca Merino (TESISTA-UNAMBA-EAPIC).

**UBICACIÓN** : Abancay – Apurímac

**ABANCAY – FEBRERO -2024**

Figura 48 — Portada del ensayo de laboratorio




**LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**

**H&H INGENIEROS**  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES

**INDICE:**

1. INTRODUCCION.....	3
2. OBJETIVO DEL ENSAYO.....	3
3. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
3.1. GENERALIDADES.....	3
4. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	4
4.1. EQUIPO UTILIZADO:.....	4
5. RESULTADOS DEL ENSAYO.....	4
5.1. RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESION AXIAL EN UNIDADES.....	5
5.2. RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESION AXIAL EN PILAS.....	6
5.3. RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESION DIAGONAL EN MUROS.....	7
5.4. LECTURA DE CARGA-DEFORMACION EN PILAS SIN TARRAJEO.....	8
5.5. LECTURA DE CARGA-DEFORMACION EN PILAS CON TARRAJEO.....	9
5.6. LECTURA DE CARGA-DEFORMACION DE MURETES SIN TARRAJEO.....	10
5.7. LECTURA DE CARGA-DEFORMACION DE MURETES CON TARRAJEO.....	11
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	12
7. REFERENCIAS.....	12
ANEXO 1: PANEL FOTOGRAFICO:.....	13
ANEXO 3: CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL EQUIPO – PRENSA HIDRAULICA DE 60tn.....	18



URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay -Apurimac – Perú.  
Email: [hyingenieros@outlook.com](mailto:hyingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

Figura 49 — Índice del ensayo de laboratorio



## LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES

### 1. INTRODUCCION.

Atendido a la solicitud del señor tesista Elvis Frich Huaraca Merino quien culminó el pregrado en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Abancay, quienes vienen ejecutando su proyecto de tesis denominado **“Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurímac, 2024”**.

La metodología seguida es por el método destructivo para poder determinar las propiedades mecánicas de las muestras, como es la resistencia a compresión de unidades, resistencia a compresión axial, diagonal y lectura de las deformaciones de las prismas de albañilería.

### 2. OBJETIVO DEL ENSAYO.

El objetivo del presente ensayo es determinar las propiedades mecánicas de las unidades y las prismas de albañilería, así mismo realizar las lecturas de las deformaciones de las prismas construidas de bloques de concreto tradicional en la ciudad e Abancay.

### 3. MEMORIA DESCRIPTIVA.

**PROYECTO** : Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurímac, 2024.

**SOLICITANTES** : Elvis Frich Huaraca Merino

**PROVINCIA** : ABANCAY.

**DEPARTAMENTO** : APURIMAC.

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
Ing. Fray Miguel Moñihado Huaranca  
CIP: 348819  
GERENTE GENERAL

#### 3.1. GENERALIDADES.

El presente informe es elaborado por **HYH INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.** quien documenta los resultados de los ensayos a compresión axial y diagonal

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay - Apurímac - Perú.  
Email: [hyhingenieros@outlook.com](mailto:hyhingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

Figura 50 — Página 01 del ensayo de laboratorio



## LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES

de unidades y prismas de albañilería y las lecturas de las deformaciones bajo la carga sometida de las prismas de albañilería de bloques de concreto tradicional.

#### 4. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Las muestras representativas de los elementos de albañilería fueron sometidos a ensayos de compresión axial y diagonal para evaluar la resistencia, paralelamente se realizó las lecturas de las deformaciones que servirá para determinar el módulo de elasticidad de las prismas, las muestras fueron proporcionadas por los tesisistas, la edad de las muestras ensayadas es de 28 días.

##### 4.1. EQUIPO UTILIZADO:

- Prensa hidráulica de 60tn.
- Almohadillas de neopreno.
- Wincha metálica.
- Deformímetros de 0.01mm de precisión.

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
Ing. Froylan Mollatado Huananca  
CIP: 240819  
GERENTE GENERAL

#### 5. RESULTADOS DEL ENSAYO.

Los resultados de la rotura de los testigos de prismas de albañilería se realizaron satisfactoriamente, obteniendo las resistencias de los diferentes elementos de albañilería y deformaciones como se muestra en las siguientes tablas.

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay -Apurímac – Perú.  
Email: [hyingenieros@outlook.com](mailto:hyingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

Figura 51 — Página 02 del ensayo de laboratorio



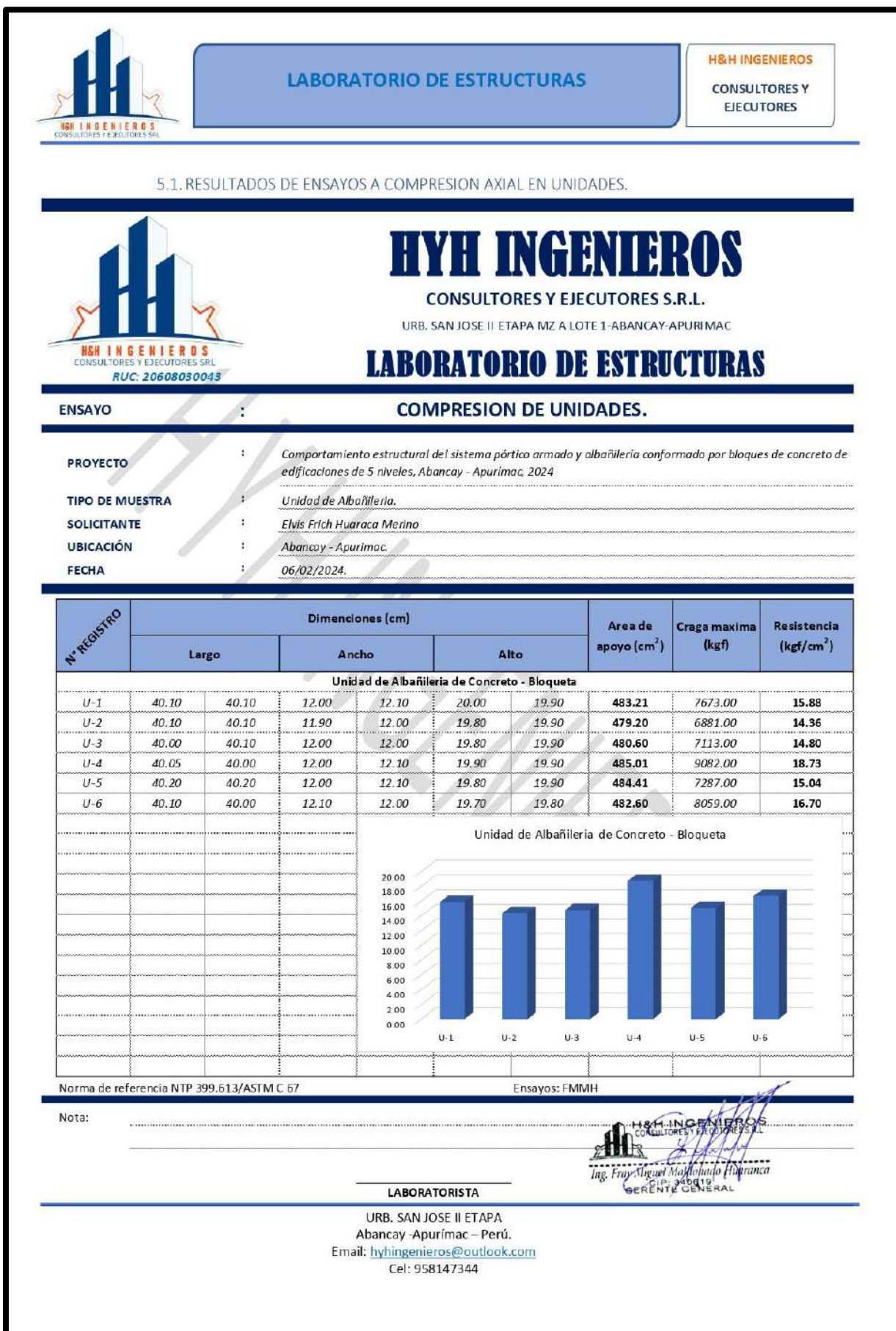


Figura 52 — Página 03 del ensayo de laboratorio





LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES

5.2. RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESION AXIAL EN PILAS.



HYH INGENIEROS

CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.

URB. SAN JOSE II ETAPA MZ A LOTE 1-ABANCAY-APURIMAC

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

ENSAYO : COMPRESION AXIAL DE PILAS.

PROYECTO : Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurimac, 2024

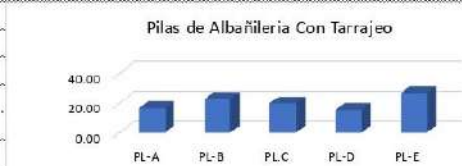
TIPO DE MUESTRA : Pilas de Albañilería.

SOLICITANTE : Elvis Frich Huaraca Merino

UBICACIÓN : Abancay - Apurimac.

FECHA : 06/02/2024.

N° REGISTRO	Dimensiones (cm)					Espesor del mortero (cm)	Área de apoyo (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kgf)	Esbeltez	Factor de corrección	Resistencia corregida (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	Largo	Ancho	Alto									
<b>Pilas de Albañilería Sin Tarrajeo</b>												
P1-01	40.00	40.00	12.00	12.00	63.50	63.50	1.50	480.00	10820.00	5.29	1.00	22.54
P2-02	40.00	40.00	12.00	12.00	63.50	63.50	1.50	480.00	8349.00	5.29	1.00	17.39
P3-03	40.00	40.00	12.00	12.00	63.70	63.80	1.50	480.00	8966.00	5.31	1.00	18.68
P4-04	40.00	40.00	12.00	12.00	63.30	64.30	1.50	480.00	9642.00	5.32	1.00	20.09
P4-05	40.00	40.00	12.00	12.00	63.50	63.78	1.50	480.00	9082.00	5.30	1.00	18.92
<b>Pilas de Albañilería Con Tarrajeo</b>												
PL-A	40.30	40.50	13.20	13.40	63.00	63.00	1.50	537.32	9044.00	4.74	0.99	16.66
PL-B	40.50	40.50	13.30	13.50	63.70	63.60	1.50	542.70	12596.00	4.75	0.99	22.98
PL-C	40.60	40.40	12.90	12.80	64.80	64.60	1.50	520.43	10357.00	5.04	1.00	19.90
PL-D	40.50	40.60	12.90	12.60	64.20	64.10	1.50	517.01	8059.00	5.03	1.00	15.59
PL-E	40.40	40.70	13.70	13.60	63.50	63.60	1.50	553.51	15126.00	4.66	0.99	27.05



Norma de referencia NTP 399.605/ASTM C 1314      Ensayos: FMMH

Nota:

LABORATORISTA

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay - Apurimac - Perú.  
Email: [hyhingenieros@outlook.com](mailto:hyhingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
*Ing. Fray Miguel Muñoz Huayra*  
CIP: 946819  
GERENTE GENERAL

Figura 53 — Página 04 del ensayo de laboratorio



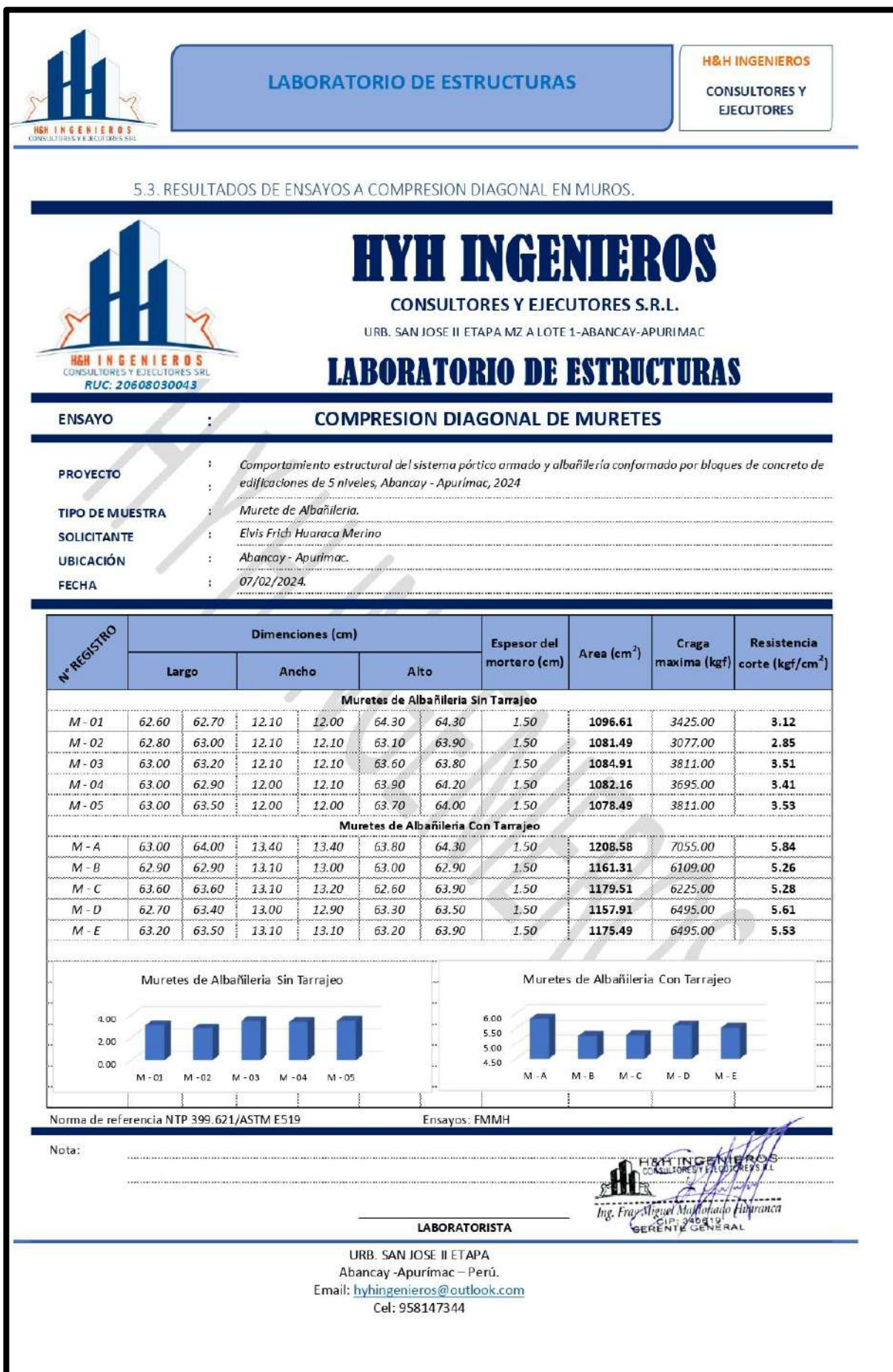


Figura 54 — Página 05 del ensayo de laboratorio





**LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**

**H&H INGENIEROS**  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES

5.4. LECTURA DE CARGA-DEFORMACION EN PILAS SIN TARRAJEO.

Pila 01			Pila 02			Pila 03			Pila 04			Pila 05		
	Dv	C (kgf)		Dv	C (kgf)		Dv	C (kgf)		Dv	C (kgf)		Dv	C (kgf)
D1	0	5259	D1	0.01	567	D1	0.03	1011	D1	0.00	123	D1	0.03	1011
D2	0.01	5549	D2	0.03	567	D2	0.22	1127	D2	0.08	278	D2	0.22	1127
D3	0.02	5491	D3	0.05	683	D3	0.37	1282	D3	0.10	567	D3	0.37	1282
D4	0.04	5549	D4	0.06	722	D4	0.54	1494	D4	0.12	838	D4	0.54	1494
D5	0.06	5607	D5	0.18	780	D5	0.58	1571	D5	0.14	954	D5	0.58	1571
D6	0.08	5877	D6	0.32	896	D6	0.68	1803	D6	0.16	1185	D6	0.68	1803
D7	0.1	6109	D7	0.35	954	D7	0.82	1958	D7	0.18	1282	D7	0.82	1958
D8	0.11	6437	D8	0.38	1011	D8	0.85	2073	D8	0.28	1629	D8	0.85	2073
D9	0.12	6495	D9	0.40	1069	D9	0.97	2247	D9	0.29	1900	D9	0.97	2247
D10	0.13	6611	D10	0.43	1127	D10	1.15	2363	D10	0.33	2575	D10	1.15	2363
D11	0.14	6669	D11	0.47	1185	D11	1.19	2517	D11	0.38	2807	D11	1.19	2517
D12	0.15	6785	D12	0.49	1243	D12	1.37	2749	D12	0.44	3135	D12	1.37	2749
D13	0.17	6881	D13	0.51	1282	D13	1.52	2923	D13	0.46	3251	D13	1.52	2923
D14	0.19	6997	D14	0.54	1340	D14	1.71	3367	D14	0.47	3695	D14	1.71	3367
D15	0.2	7229	D15	0.55	1398	D15	1.82	3483	D15	0.48	3927	D15	1.82	3483
D16	0.21	7402	D16	0.62	1513	D16	1.84	3637	D16	0.52	4081	D16	1.84	3637
D17	0.22	7441	D17	0.74	1745	D17	1.91	4043	D17	0.52	4255	D17	1.91	4043
D18	0.23	7576	D18	0.79	1900	D18	1.96	4197	D18	0.54	4371	D18	1.96	4197
D19	0.25	7847	D19	0.85	2073	D19	1.97	4487	D19	0.55	4603	D19	1.97	4487
D20	0.27	7962	D20	0.89	2305	D20	1.98	4603	D20	0.62	4815	D20	1.98	4603
D21	0.28	8059	D21	0.95	2460	D21	2.00	4757	D21	0.63	4989	D21	2.00	4757
D22	0.29	8175	D22	1.00	2749	D22	2.03	5124	D22	0.64	5259	D22	2.03	5124
D23	0.3	8175	D23	1.02	2923	D23	2.05	5279	D23	0.69	5375	D23	2.05	5279
D24	0.31	8233	D24	1.06	3135	D24	2.06	5433	D24	0.70	5723	D24	2.06	5433
D25	0.32	8291	D25	1.10	3251	D25	2.07	5819	D25	0.72	5935	D25	2.07	5819
D26	0.33	8349	D26	1.11	3425	D26	2.08	6051	D26	0.79	6225	D26	2.08	6051
D27	0.39	8406	D27	1.17	3637	D27	2.14	6553	D27	0.81	6379	D27	2.14	6553
D28	0.41	8542	D28	1.19	3811	D28	2.15	6727	D28	0.82	6669	D28	2.15	6727
D29	0.43	8735	D29	1.40	4197	D29	2.17	7113	D29	0.91	6939	D29	2.17	7113
D30	0.47	8851	D31	1.45	4603	D30	2.18	7344	D30	0.93	7171	D30	2.18	7344
D31	0.55	8966	D32	1.55	4931	D31	2.22	7402	D31	0.97	7287	D31	2.22	7402
D32	0.56	9237	D33	1.55	5047	D32	2.25	7557	D32	0.99	7557	D32	2.25	7557
D33	0.57	9410	D34	1.63	5317	D33	2.28	7904	D33	1.04	7962	D33	2.28	7904
D34	0.58	9526	D35	1.64	5433	D34	2.32	8349	D34	1.05	203	D34	2.32	8349
D35	0.61	9642	D36	1.65	5549	D35	2.34	8542	D35	1.09	8464	D35	2.34	8542
D36	0.62	9642	D37	1.73	5819	D36	2.45	8735	D36	1.16	8735	D36	2.45	8735
D37	0.63	9855	D38	1.82	6186	D37	2.46	8851	D37	1.17	8908	D37	2.46	8851
D38	0.69	10028	D39	1.85	6495	D38	2.64	8966	D38	1.18	9082	D38	2.64	8966
D39	0.71	10202	D40	1.90	6881				D39	1.24	9295			
D40	0.74	10414	D41	1.94	7113				D40	1.25	9468			
D41	0.75	10472	D42	2.00	7344				D41	1.27	9642			
D42	0.76	10530	D43	2.02	7557									
D43	0.88	10646	D44	2.04	7673									
D44	0.9	10820	D45	2.12	8001									
			D46	2.15	8175									
			D47	2.21	8233									
			D48	2.22	8349									

  
**H&H INGENIEROS**  
 CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
 Ing. Froylan Miguel Mollanillo Vidaurra  
 C.R. 24619  
 GERENTE GENERAL

URB. SAN JOSE II ETAPA  
 Abancay - Apurímac - Perú.  
 Email: [hyhingenieros@outlook.com](mailto:hyhingenieros@outlook.com)  
 Cel: 958147344

Figura 55 — Página 06 del ensayo de laboratorio





**LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**

**H&H INGENIEROS**  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES

5.5. LECTURA DE CARGA-DEFORMACION EN PILAS CON TARRAJEO.

Pila A			Pila B			Pila C			Pila D			Pila E		
	Dv	C (kgf)		Dv	C (kgf)		Dv	C (kgf)		Dv	C (kgf)		Dv	C (kgf)
D1	0.00	2054	D1	0.00	394	D1	0.00	567	D1	0.00	2054	D1	0.00	896
D2	0.01	2189	D2	0.11	567	D2	0.03	2247	D2	0.01	2189	D2	0.01	1282
D3	0.15	2633	D3	0.14	722	D3	0.05	2633	D3	0.15	2633	D3	0.21	1571
D4	0.19	2865	D4	0.31	896	D4	0.12	2865	D4	0.19	2865	D4	0.25	1842
D5	0.2	3077	D5	0.36	1127	D5	0.16	3077	D5	0.2	3077	D5	0.27	1900
D6	0.24	3367	D6	0.41	1282	D6	0.19	3251	D6	0.24	3367	D6	0.31	2073
D7	0.25	3522	D7	0.43	1513	D7	0.45	3483	D7	0.25	3522	D7	0.39	2247
D8	0.26	3637	D8	0.45	1687	D8	0.53	3637	D8	0.26	3637	D8	0.45	2460
D9	0.35	4197	D9	0.62	1958	D9	0.55	4043	D9	0.35	4197	D9	0.48	2633
D10	0.42	4545	D10	0.67	2131	D10	0.64	4313	D10	0.42	4545	D10	0.57	2865
D11	0.43	4757	D11	0.69	2266	D11	0.66	4429	D11	0.43	4757	D11	0.63	3020
D12	0.53	5047	D12	0.71	2460	D12	0.74	4912	D12	0.53	5047	D12	0.66	3251
D13	0.62	5259	D13	0.74	2633	D13	0.77	4989	D13	0.62	5259	D13	0.69	3425
D14	0.63	5452	D14	0.84	2923	D14	0.80	5066	D14	0.63	5452	D14	0.75	3637
D15	0.68	5607	D15	0.90	3077	D15	0.83	5163	D15	0.68	5607	D15	0.77	3811
D16	0.69	5838	D16	0.92	3309	D16	0.91	5375	D16	0.69	5838	D16	0.80	3985
D17	0.70	5935	D17	0.93	3425	D17	1.02	5665	D17	0.70	5935	D17	0.86	4197
D18	0.75	6379	D18	1.03	3753	D18	1.04	5723	D18	0.75	6379	D18	0.89	4371
D19	0.82	6611	D19	1.12	3869	D19	1.12	5935	D19	0.82	6611	D19	0.93	4603
D20	0.93	6727	D20	1.20	4139	D20	1.16	6109	D20	0.93	6727	D20	0.96	4757
D21	0.94	6939	D21	1.23	4429	D21	1.49	6379	D21	0.94	6939	D21	0.97	4989
D22	1.03	7113	D22	1.26	5105	D22	1.51	6495	D22	1.03	7113	D22	1.01	5201
D23	1.01	7344	D23	1.29	5163	D23	1.55	6727	D23	1.01	7344	D23	1.05	5375
D24	1.09	7499	D24	1.32	5317	D24	1.57	6881	D24	1.09	7499	D24	1.07	5549
D25	1.14	7731	D25	1.34	5375	D25	2.17	7113	D25	1.14	7731	D25	1.10	5761
D26	1.16	9044	D26	1.36	5549	D26	2.67	7441	D26	1.16	8059	D26	1.12	5935
			D27	1.48	6379	D27	2.93	7557				D27	1.15	6225
			D28	1.58	6611	D28	2.96	7673				D28	1.16	6437
			D29	1.60	6881	D29	3.01	7847				D29	1.17	6611
			D30	1.61	7171	D30	3.45	8291				D30	1.18	6727
			D31	1.62	7344	D31	3.59	8522				D31	1.27	6881
			D32	1.80	8677	D32	3.95	8735				D32	1.28	7171
			D33	1.86	8851	D33	3.97	8851				D33	1.32	7287
			D34	2.00	9623	D34	4.03	9179				D34	1.40	7557
			D35	2.01	9855	D35	4.35	9739				D35	1.42	7731
			D36	2.06	10028	D36	4.37	9797				D36	1.43	8001
			D37	2.09	10202	D37	4.54	10202				D37	1.44	8117
			D38	2.10	10414	D38	4.83	10357				D38	1.45	8233
			D39	2.21	10646							D39	1.49	8464
			D40	2.23	10974							D40	1.53	8677
			D41	2.60	11534							D41	1.55	8851
			D42	2.76	11766							D42	1.57	9082
			D43	2.78	12094							D43	1.61	9237
			D44	3.02	12596							D44	1.63	9468

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
Ing. Froy Miguel Mollanudo Huaranca  
C.P. 360418  
GERENTE GENERAL

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay - Apurímac - Perú.  
Email: [hyingenieros@outlook.com](mailto:hyingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

Figura 56 — Página 07 del ensayo de laboratorio





**LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**

**H&H INGENIEROS**  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES

Pila E		
	Dv	C (kgf)
D45	1.64	9584
D46	1.72	9797
D47	1.74	9990
D48	1.77	10202
D49	1.82	10472
D50	1.84	10665
D51	1.85	10762
D52	1.87	10974
D53	1.9	11148
D54	2.02	11418
D55	2.09	11650
D56	2.14	11766
D57	2.39	12596
D58	2.47	12712
D59	2.48	12944
D60	2.52	13098
D61	2.56	13272
D62	2.64	13504
D63	2.66	13716
D64	2.7	13890
D65	2.8	14180
D66	2.81	14334
D67	2.82	14508
D68	2.88	14739
D69	2.94	14836
D70	3.12	15126

5.6. LECTURA DE CARGA-DEFORMACION DE MURETES SIN TARRAJEO.

MURO 01				MURO 02				MURO 03				MURO 04				MURO 05				
	Dv	DH	C (kgf)		Dv	DH	C (kgf)		Dv	DH	C (kgf)		Dv	DH	C (kgf)		Dv	DH	C (psi)	C (kgf)
D1	0.00	0.00	548	D1	0.00	0.00	838	D1	0.00	0.00	1069	D1	0.00	0.00	683	D1	0.00	0.00	23	567
D2	0.01	0.00	625	D2	0.00	0.00	954	D2	0.02	0.00	1185	D2	0.07	0.00	780	D2	0.11	0.00	31	722
D3	0.18	0.00	896	D3	0.04	0.00	1127	D3	0.04	0.00	1282	D3	0.18	0.00	896	D3	0.32	0.00	40	896
D4	0.47	0.00	1127	D4	0.10	0.00	1282	D4	0.13	0.00	1513	D4	0.54	0.00	1398	D4	0.53	0.00	52	1127
D5	0.77	0.00	1340	D5	0.38	0.00	1513	D5	0.28	0.00	1687	D5	0.67	0.00	1513	D5	0.68	0.00	60	1282
D6	0.90	0.00	1513	D6	0.55	0.00	1745	D6	0.48	0.00	1900	D6	0.79	0.00	1687	D6	0.84	0.00	72	1513
D7	1.05	0.00	1687	D7	0.64	0.00	1900	D7	0.65	0.00	2073	D7	0.92	0.00	1900	D7	0.94	0.00	81	1687
D8	1.19	0.00	1900	D8	0.82	0.00	2073	D8	0.79	0.00	2247	D8	1.10	0.00	2073	D8	1.12	0.00	92	1900
D9	1.33	0.01	2073	D9	0.94	0.01	2247	D9	1.02	0.00	2460	D9	1.12	0.00	2247	D9	1.27	0.00	110	2247
D10	1.44	0.04	2305	D10	1.04	0.03	2460	D10	1.23	0.00	2691	D10	1.30	0.00	2460	D10	1.49	0.00	124	2517
D11	1.56	0.06	2460	D11	1.31	0.10	2633	D11	1.39	0.00	2865	D11	1.44	0.00	2633	D11	1.53	0.00	133	2691
D12	1.62	0.09	2633	D12	1.52	0.11	2865	D12	1.60	0.04	3020	D12	1.57	0.00	2865	D12	1.66	0.00	147	2962
D13	1.73	0.12	2749	D13	1.66	0.14	3020	D13	1.92	0.06	3251	D13	1.62	0.00	3020	D13	1.67	0.00	150	3020
D14	1.75	0.13	2865	D14	1.69	0.15	3077	D14	2.12	0.09	3483	D14	1.76	0.00	3251	D14	1.78	0.00	162	3251
D15	1.92	0.15	3077					D15	2.52	0.09	3753	D15	1.90	0.00	3425	D15	1.83	0.00	171	3425
D16	2.07	0.16	3251					D16	2.55	0.09	3811	D16	2.17	0.08	3637	D16	1.95	0.00	182	3637
D17	2.20	0.16	3425									D17	2.18	0.09	3695	D17	2.10	0.27	188	3753
																D18	2.10	0.33	191	3811

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay - Apurímac - Perú.  
Email: [hyhingenieros@outlook.com](mailto:hyhingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344



Figura 57 — Página 08 del ensayo de laboratorio





**LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**

**H&H INGENIEROS**  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES

5.7. LECTURA DE CARGA-DEFORMACION DE MURETES CON TARRAJEO.

MURO A			MURO B			MURO C			MURO D			MURO D					
Dv	DH	C (kgf)	Dv	DH	C (kgf)	Dv	DH	C (kgf)	Dv	DH	C (kgf)	Dv	DH	C (kgf)			
D1	0.00	0.00	625	D1	0.52	0.00	780	D1	0.00	0.00	509	D1	0.00	0.00	780		
D2	0.09	0.00	1185	D2	0.55	0.00	896	D2	0.13	0.00	722	D2	0.15	0.00	896		
D3	0.17	0.02	1340	D3	0.90	0.01	1127	D3	0.39	0.00	896	D3	0.49	0.00	1185		
D4	0.32	0.06	1513	D4	1.05	0.01	1282	D4	0.66	0.00	1127	D4	0.60	0.00	1282		
D5	0.45	0.11	1745	D5	1.29	0.01	1513	D5	0.84	0.00	1282	D5	0.91	0.00	1571		
D6	0.58	0.14	1900	D6	1.42	0.01	1687	D6	1.09	0.05	1513	D6	0.92	0.00	1687		
D7	0.73	0.19	2073	D7	1.61	0.02	2015	D7	1.25	0.07	1745	D7	1.00	0.00	1900		
D8	0.84	0.24	2363	D8	1.74	0.02	2131	D8	1.42	0.10	1900	D8	1.07	0.00	2073		
D9	0.94	0.27	2460	D9	1.82	0.02	2305	D9	1.60	0.12	2073	D9	1.23	0.00	2247		
D10	1.00	0.29	2633	D10	1.93	0.02	2460	D10	1.73	0.15	2363	D10	1.32	0.00	2517		
D11	1.11	0.32	2865	D11	1.97	0.02	2633	D11	1.77	0.16	2460	D11	1.33	0.00	2633		
D12	1.23	0.35	3077	D12	2.19	0.02	2865	D12	1.90	0.18	2691	D12	1.50	0.00	2942		
D13	1.41	0.39	3367	D13	2.48	0.03	3193	D13	2.04	0.19	2865	D13	1.60	0.00	3251		
D14	1.43	0.40	3483	D14	2.65	0.05	3309	D14	2.46	0.23	3309	D14	1.75	0.00	3483		
D15	1.52	0.44	3637	D15	2.69	0.05	3425	D15	2.57	0.23	3522	D15	1.81	0.01	3695		
D16	1.55	0.45	3811	D16	2.90	0.05	3637	D16	2.63	0.23	3637	D16	1.92	0.01	4081		
D17	1.72	0.47	4043	D17	3.01	0.05	3811	D17	2.80	0.23	3869	D17	2.13	0.03	4313		
D18	1.86	0.50	4313	D18	3.21	0.05	4081	D18	2.90	0.23	3985	D18	2.14	0.05	4506		
D19	2.05	0.52	4487	D19	3.32	0.05	4197	D19	3.15	0.23	4255	D19	2.26	0.09	4641		
D20	2.08	0.52	4603	D20	3.62	0.05	4487	D20	3.33	0.23	4487	D20	2.40	0.13	4873		
D21	2.18	0.54	4873	D21	3.97	0.05	4603	D21	3.35	0.23	4603	D21	2.46	0.13	4989		
D22	2.24	0.55	4989	D22	4.38	0.13	4873	D22	3.51	0.23	4757	D22	2.57	0.13	5163		
D23	2.32	0.55	5163	D23	4.68	0.22	5105	D23	3.66	0.23	4989	D23	2.71	0.17	5433		
D24	2.44	0.55	5375	D24	4.83	0.23	5259	D24	3.87	0.23	5317	D24	2.88	0.2	5607		
D25	2.49	0.55	5549	D25	5.00	0.24	5491	D25	4.07	0.23	5607	D25	2.90	0.21	5800		
D26	2.64	0.55	5761	D26	5.04	0.24	5607	D26	4.67	0.18	6225	D26	3.35	0.27	6379		
D27	2.74	0.55	5935	D27	5.21	0.30	5761				D27	3.39	0.29	6495			
D28	2.88	0.55	6167	D28	5.40	0.34	5935							D28	4.65	0.83	5896
D29	2.94	0.55	6321	D29	5.40	0.35	5993							D29	4.83	0.88	6051
D30	3.18	0.55	6495	D30	5.54	0.41	6051							D30	4.86	0.88	6167
D31	3.65	0.55	6727	D31	5.59	0.43	6109							D31	5.16	1.03	6321
D32	3.77	0.55	6881											D32	5.45	1.10	6495
D33	4.00	0.55	7055														

  
**H&H INGENIEROS**  
 CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
 Ing. Fray Miguel Maldonado Hidronica  
 CIP: 366419  
 GERENTE GENERAL

URB. SAN JOSE II ETAPA  
 Abancay - Apurímac - Perú.  
 Email: [hyingenieros@outlook.com](mailto:hyingenieros@outlook.com)  
 Cel: 958147344

Figura 58 — Página 09 del ensayo de laboratorio





## LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### Conclusiones:

- Los ensayos mecánicos y lectura de las deformaciones se realizaron satisfactoriamente de acuerdo a las normativas NTP-399.621, NTP-399.605, NTP-399.613 y el RNE-E070.
- Los muros fueron ensayados a una edad de 28 días de construidas.
- La rotura del testigo del murete se ha realizado en presencia del solicitante.
- Los resultados brindados por el laboratorio son acreditados por estar certificada el equipo con el cual se realizó el ensayo.
- Los resultados muestran incremento en las propiedades mecánicas de los muros con tarrajeo respecto a los sin tarrajeo.

#### Recomendaciones:

- Se recomienda al testista que, para determinar la compresión axial, cortante diagonal usar las fórmulas mencionadas en el RNE E-70 y la NTP.
- Para determinar los módulos de elasticidad de las prismas y las propiedades mecánicas utilizar como guía el libro "Diseño Y Construcción De Estructuras Sismo Resistentes de Albañilería".

### 7. REFERENCIAS.

- NTP-399.621.
- NTP-399.605.
- NTP-399.613.
- RNE E-70. ALBAÑILERIA.
- LIBRO DE ANGEL SAN BARTOLOME ENSAYOS DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA.

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
Ing. Froy Miguel Machobado Huáncra  
CIP: 346519  
GERENTE GENERAL

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay -Apurímac – Perú.  
Email: [hyingenieros@outlook.com](mailto:hyingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

Figura 59 — Página 10 del ensayo de laboratorio





## LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

**H&H INGENIEROS**  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES

ANEXO 1: PANEL FOTOGRAFICO:



**Imagen 01:** Muestra Equipo de trabajo y ensayo a compresión de unidades.



**Imagen 02:** Muestra la falla de la unidad de concreto.

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
*José Miguel Moñino Huanca*  
CIP: 340018  
GERENTE GENERAL

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay -Apurímac – Perú.  
Email: [hyingenieros@outlook.com](mailto:hyingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

**Figura 60** — Página 11 del ensayo de laboratorio





## LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS

CONSULTORES Y  
EJECUTORES



**Imagen 03:** Muestra la falla lateral a corte, el cual es la adecuada en unidades de albañilería.



**Imagen 04:** Muestra la instrumentación del equipo para someter al ensayo de a compresión de pilas y las lecturas de deformación.

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
*Ing. Fray Miguel María de la Cruz*  
CIP: 34819  
GERENTE GENERAL

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay -Apurímac – Perú.  
Email: [hyingenieros@outlook.com](mailto:hyingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

**Figura 61** — Página 12 del ensayo de laboratorio



## LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES



Imagen 05: Muestra el tipo de falla de la pila sin



Imagen 06: Muestra el tipo de falla de la pila con tarrajeo

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
Ing. Fray Angel María Toruando Huancaya  
C.I.P. 340519  
GERENTE GENERAL

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay -Apurímac – Perú.  
Email: [hyhingenieros@outlook.com](mailto:hyhingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344



Imagen 07: Muestra la instrumentación del murete que será sometido a corte.

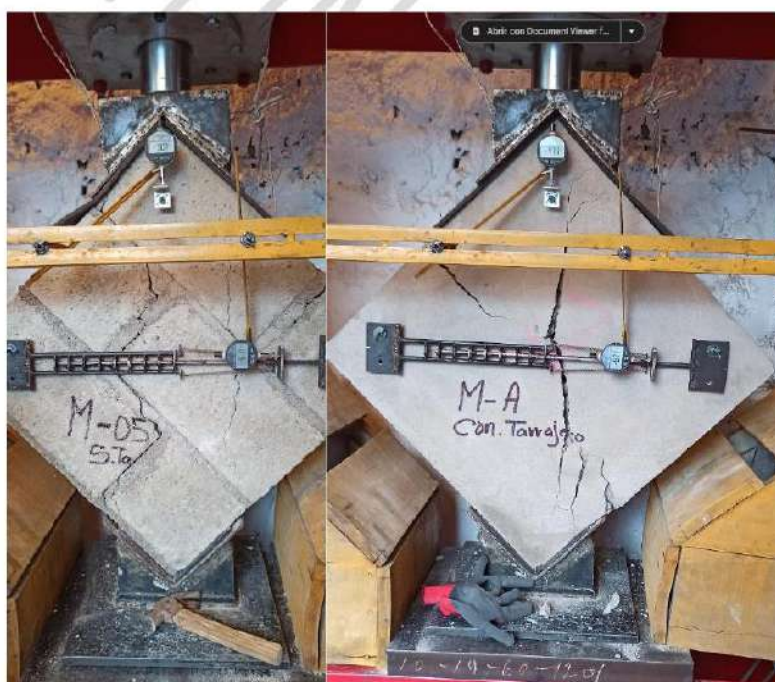


Imagen 08: Muestra los tipos de falla en muretes sin tarrajeo y con tarrajeo.



H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
Ing. Froylan Miguel Muñoz Cordero  
CIP: 34821  
GERENTE GENERAL

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay -Apurímac – Perú.  
Email: [hyingenieros@outlook.com](mailto:hyingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

Figura 63 — Página 14 del ensayo de laboratorio



## LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES




Imagen 09: Muestra el equipo de trabajo de la tesis y el asesor de tesis.


H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.  
Ing. Fray Miguel Mallabado Huanca  
CIP: 345819  
GERENTE GENERAL

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay - Apurímac - Perú.  
Email: [hyingenieros@outlook.com](mailto:hyingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

Figura 64 — Página 15 del ensayo de laboratorio

 <p>H&amp;H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.A.</p>	<b>LABORATORIO DE ESTRUCTURAS</b>	<b>H&amp;H INGENIEROS</b> CONSULTORES Y EJECUTORES
---	-----------------------------------	--

ANEXO 3: CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL EQUIPO – PRENSA HIDRAULICA DE 60tn.

  
METROLOGÍA | LABORATORIO | INDUSTRIAL

Pág. 1 de 11

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° 0015-COE-2022

**PRENSA HIDRÁULICA CON MANÓMETRO**


**CLIENTE** : H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.

**DIRECCIÓN** : MZA. A LOTE. 1 URB. SAN JOSE II ETAPA (DETRAS DEL QUINTA SOL, ESTRELLA, ARENA C2P) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

**DATOS DEL EQUIPO**

Prensa Marca : NO INDICA  
Modelo : NO INDICA  
Serie : 1245  
Capacidad : 60 TN  
Procedencia : PERÚ  
Identificación : NO INDICA  
Ubicación : LABORATORIO DE CONCRETO

Fecha de emisión:  
Lima, 08 de Junio del 2022

  
Firmado digitalmente por Diego Moreno Prado  
Fecha: 2022-06-11 09:35:55  
**Gerente General**

---

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"  
Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
Laboratorio: Jr. Llumpa 1362 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601  
Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6600  
ventas@cadentsac.com.pe cadentsacperu@hotmail.com operaciones@cadentsac.com.pe web: www.cadentsac.com.pe

---

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay - Apurímac – Perú.  
Email: [hyhingenieros@outlook.com](mailto:hyhingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

Figura 65 — Página 16 del ensayo de laboratorio





# LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

H&H INGENIEROS  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES



Certificado de Calibración N° 0015-COE-2022  
Pág. 2 de 11

## VERIFICACIÓN

### 1.- GENERALIDADES.

A solicitud de H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L., se procedió a verificar una Prensa hidráulica. La calibración se realizó en las Instalaciones de Laboratorio de H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.

### 2.- DEL SISTEMA A VERIFICAR.

#### PRESA HIDRAULICA CON MANÓMETRO

Prensa Marca	: NO INDICA	Dial	
Modelo/Serie	: NO INDICA / 1245	Marca	: WINTERS
Capacidad	: 60 TN	Modelo	: DPG SERIES
Procedencia	: PERU	Serie	: NO INDICA
Identificación	: NO INDICA		
Ubicación	: LABORATORIO DE CONCRETO		

### 3.- DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN.

Celda de Carga	: ANYLOAD	Indicador	: ANYLOAD
Modelo	: 101BH	Serie	: 4917000036
Serie	: 201825	División	: 0,1 kgf
Carga Nominal	: 120 TN		
Modalidad	: COMPRESIÓN		

### 4.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN.

Fecha : 2022-05-29  
Lugar : Instalaciones de Laboratorio de H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L .

### 5.- PROCEDIMIENTO.

El procedimiento toma como referencia al Método C de la norma ISO 7500-1 y la norma ASTM E4-16, Se aplicaron tres series de carga al Anillo mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

### 6.- CONDICIONES AMBIENTALES.

Temperatura Inicial : 20,7 °C  
Temperatura Final : 20,6 °C  
Humedad Relativa : 64 %

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"  
Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
Laboratorio: Jr. Ulumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601  
Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6800

ventas@cadentsac.com.pe    cadentsacperu@hotmail.com    operaciones@cadentsac.com.pe    web:    www.cadentsac.com.pe

URB. SAN JOSE II ETAPA  
Abancay -Apurímac- Perú.  
Email: [hyingenieros@outlook.com](mailto:hyingenieros@outlook.com)  
Cel: 958147344

Figura 66 — Página 17 del ensayo de laboratorio





**LABORATORIO DE ESTRUCTURAS**

**H&H INGENIEROS**  
CONSULTORES Y  
EJECUTORES



Certificado de Calibración N° 0015-COE-2022  
Pág. 4 de 11

**9.- DATOS DE MEDICIÓN**

**TABLA N° 01**

**CALIBRACION DE ANILLO DE CARGA**

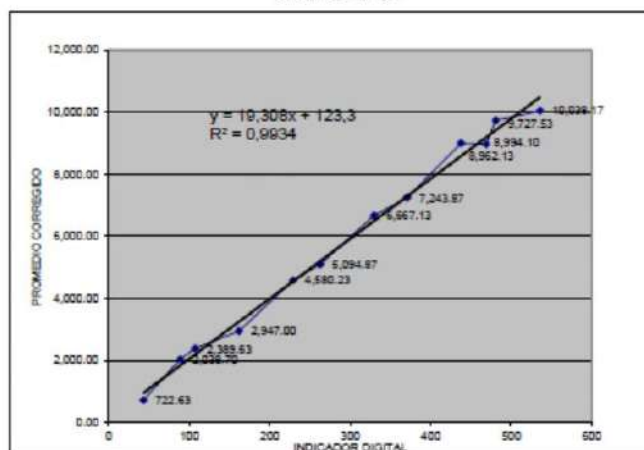
Prensa Marca: NO INDICA; Modelo: NO INDICA; Serie: 1245

SISTEMA ANALÓGICO PSI	PRENSA HIDRAULICA			PROMEDIO kg
	SERIE ( 1 ) kg	SERIE ( 2 ) kg	SERIE ( 3 ) kg	
43	723,0	723,0	721,9	722,3
89	2 039,0	2 036,0	2 039,1	2 038,70
107	2 390,0	2 390,0	2 388,9	2 389,63
162	2 947,0	2 947,1	2 946,9	2 947,00
229	4 580,0	4 581,2	4 579,5	4 580,23
263	5 095,0	5 094,5	5 095,1	5 094,87
330	6 666,0	6 669,0	6 666,4	6 667,13
371	7 243,0	7 244,5	7 244,1	7 243,87
436	8 994,0	8 994,1	8 994,2	8 994,10
469	8 962,0	8 962,5	8 961,9	8 962,13
481	9 727,0	9 728,1	9 727,5	9 727,53
536	10 038,0	10 036,1	10 036,4	10 036,17

Coefficiente de Correlación: **R<sup>2</sup> = 0,9934**      Ecuación de ajuste: **y = 19,308x + 123,3**  
 Donde: **X : Lectura del Dial (PSI)**

**10.- GRÁFICA (Coeficiente de Correlación y Ecuación de Ajuste)**

**GRÁFICO N° 01**



\*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO\*

Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
 Laboratorio: Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-8601  
 Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chomillos Telf.: 627-8600

ventas@cadentsac.com.pe      cadentsacperu@hotmail.com      operaciones@cadentsac.com.pe      web: www.cadentsac.com.pe

URB. SAN JOSE II ETAPA  
 Abancay -Apurímac - Perú.  
 Email: [hyhingenieros@outlook.com](mailto:hyhingenieros@outlook.com)  
 Cel: 958147344

**Figura 67** — Página 18 del ensayo de laboratorio



### Anexo D PLANOS DE LA VIVIENDA

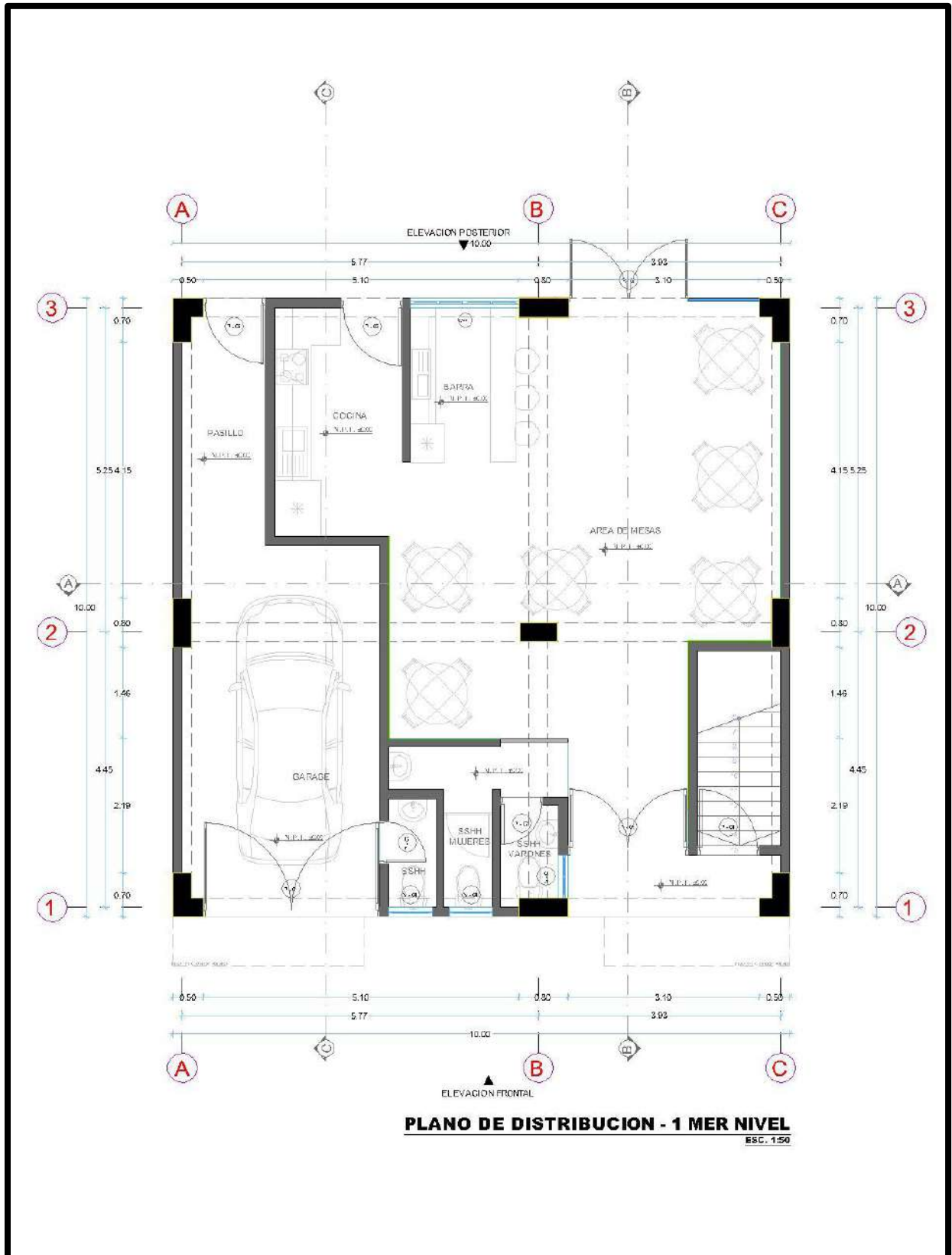


Figura 68 — Página 01 del plano



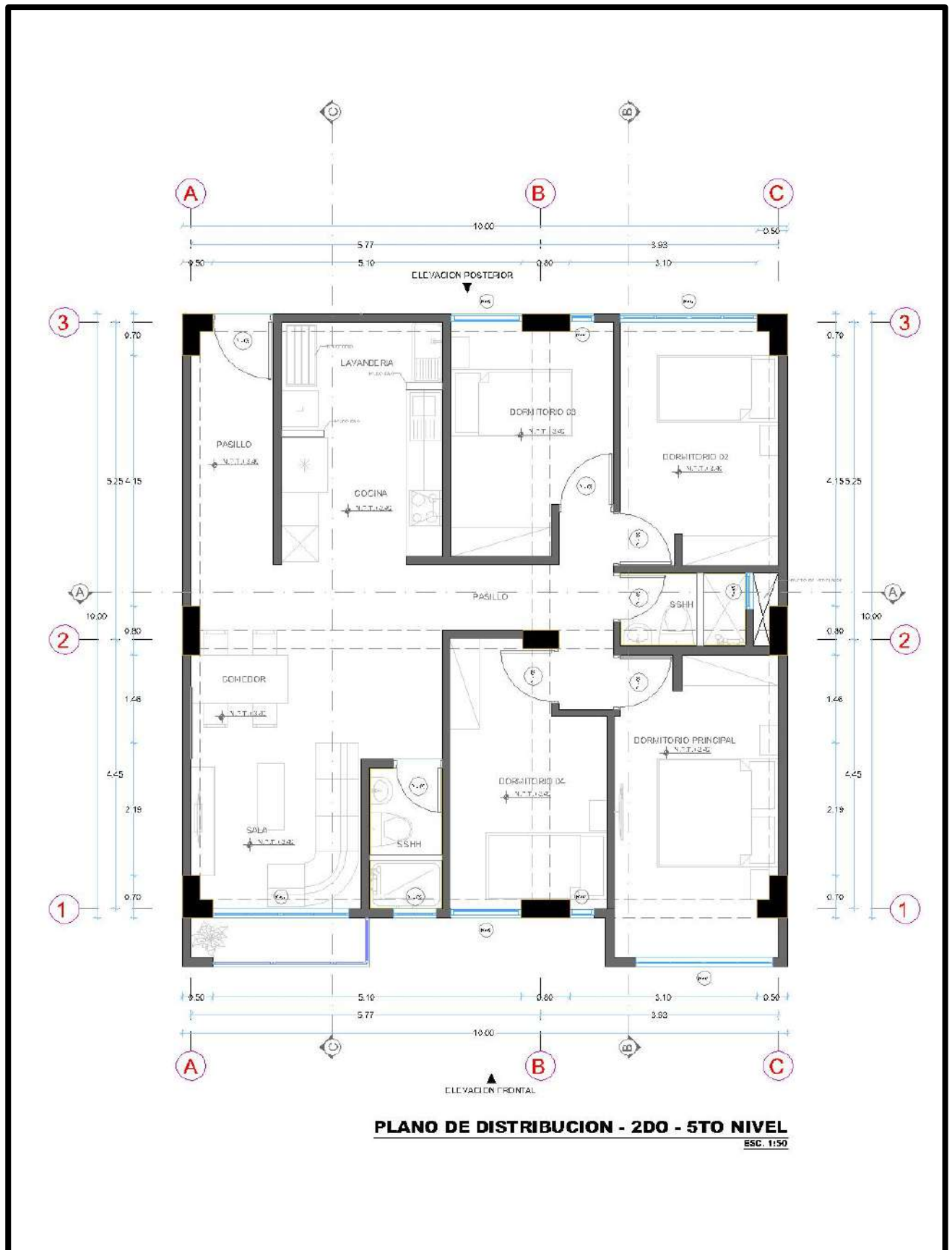


Figura 69 — Página 02 del plano



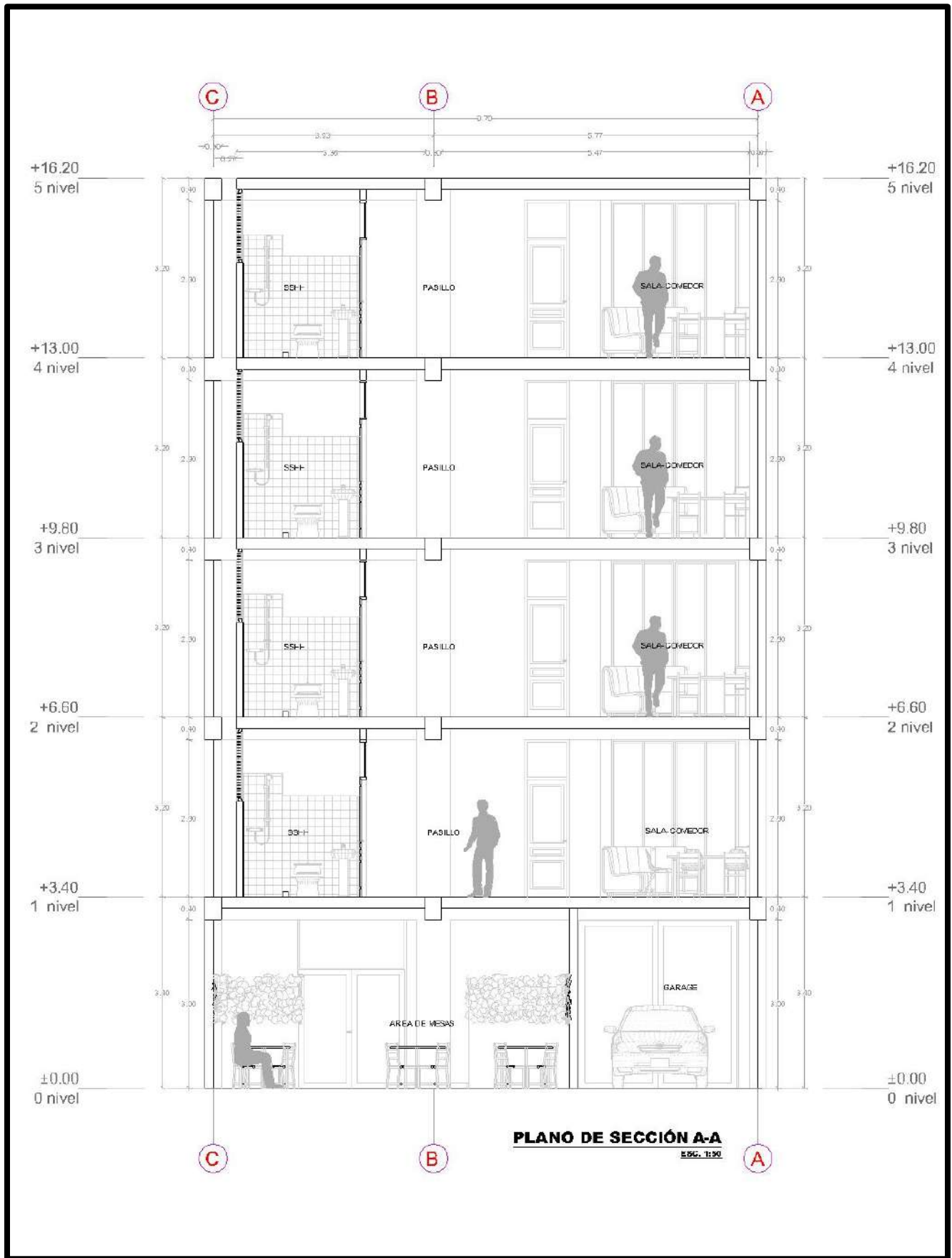


Figura 70 — Página 03 del plano



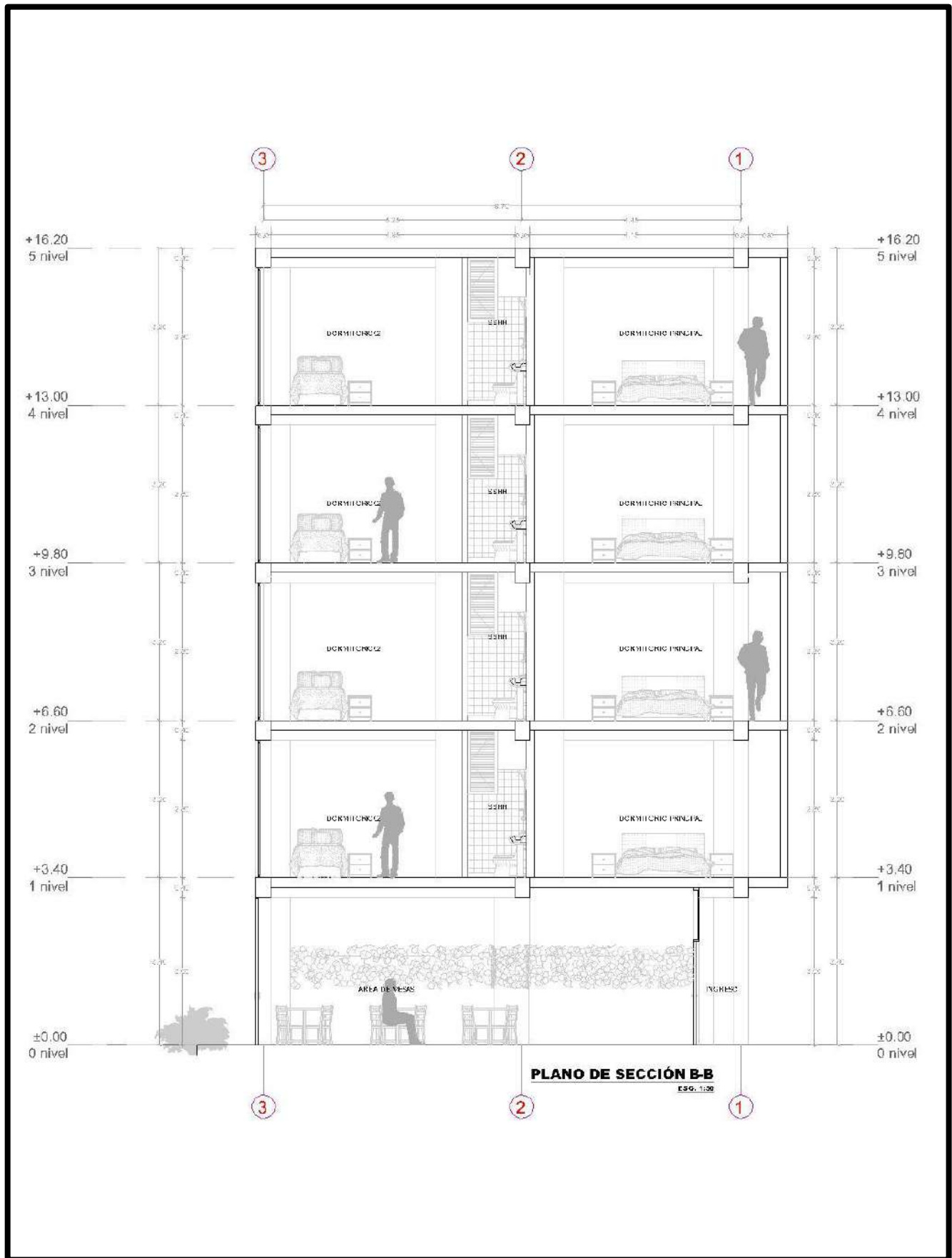


Figura 71 — Página 04 del plano



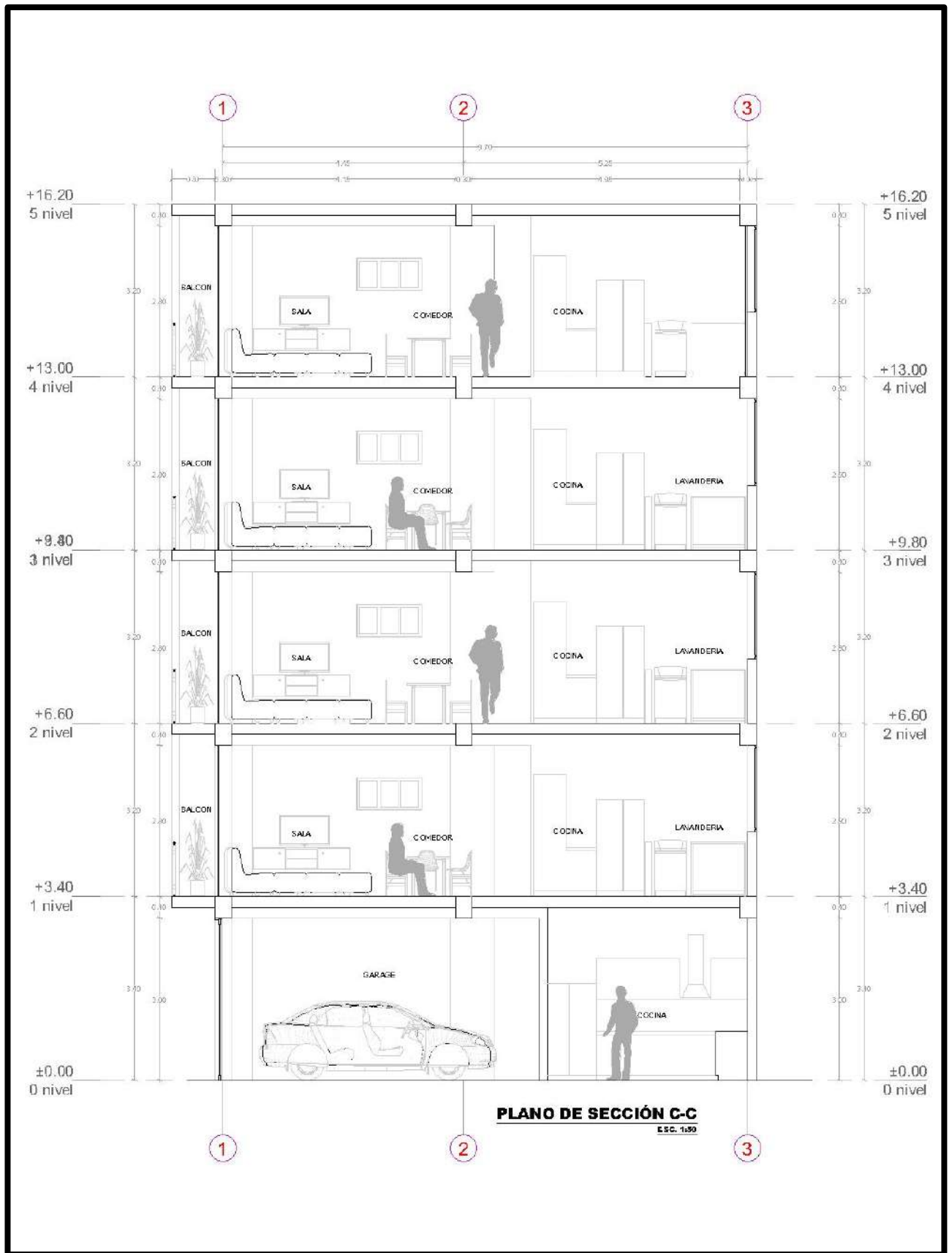


Figura 72 — Página 05 del plano





Figura 73 — Página 06 del plano



Figura 74 — Página 07 del plano



## Anexo E

## VALORES CRITICOS DE LA DISTRIBUCION T DE STUDENT


v	$\alpha$						
	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025
1	0.325	0.727	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706
2	0.289	0.617	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303
3	0.277	0.584	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182
4	0.271	0.569	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776
5	0.267	0.559	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571
6	0.265	0.553	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447
7	0.263	0.549	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365
8	0.262	0.546	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306
9	0.261	0.543	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262
10	0.260	0.542	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228
11	0.260	0.540	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201
12	0.259	0.539	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179
13	0.259	0.538	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160
14	0.258	0.537	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145
15	0.258	0.536	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131
16	0.258	0.535	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120
17	0.257	0.534	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110
18	0.257	0.534	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101
19	0.257	0.533	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093
20	0.257	0.533	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086
21	0.257	0.532	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080
22	0.256	0.532	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074
23	0.256	0.532	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069
24	0.256	0.531	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064
25	0.256	0.531	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060
26	0.256	0.531	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056
27	0.256	0.531	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052
28	0.256	0.530	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048
29	0.256	0.530	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045
30	0.256	0.530	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042
40	0.255	0.529	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021
60	0.254	0.527	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000
120	0.254	0.526	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980
$\infty$	0.253	0.524	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960

Figura 75 — Valores críticos de la distribución t de student


FUENTE: (Diaz y Rosado, 2019)

## Anexo F

### INSTRUMENTO – FICHAS DE REGISTRO



**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ENSAYO :** RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE UNIDADES

**PROYECTO DE TESIS :** *Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurímac, 2024*

**TIPO DE MUESTRA :** *Unidad de Albañilería.*

**TESISTA :** *Elvis Frich Huaraca Merino*

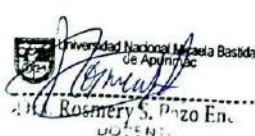
**UBICACIÓN :** *Abancay - Apurímac.*

**FECHA :**


N° REGISTRO	Dimensiones (cm)			Área de apoyo (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Alto			
Unidad de Albañilería de Concreto - Bloqueta						
U-1						
U-2						
U-3						
U-4						
U-5						
Unidad de Albañilería de Concreto - Bloqueta						
		1.20				
		1.00				
		0.80				
		0.50				
		0.40				
		0.20				
		0.00	U-1	U-2	U-3	U-4

Fuente: Adaptación del RNE E.070 y la NTP 399.604


Nota:




Dr. Rosmery S. Pazo Enc.  
DOCENTE




UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS  
S.C. DE INGENIERÍA CIVIL  
Dr. Edue Willy Alvaroz Chávez  
DOCENTE



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS  
S.C. DE INGENIERÍA CIVIL  
Danilo Saavedra Ore  
ING. CIVIL  
CIP. 208612  
Formador




Luis Alberto Benites  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263278




M. Sc. Inge. Marvilia Cuentas  
DOCENTE

Figura 76 — Ficha de registro de la unidad de albañilería





**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ENSAYO :** RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS

**PROYECTO DE TESIS :** Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurímac, 2024

**TIPO DE MUESTRA :** Pilas de Albañilería.

**TESISTA :** Elvis Frich Huaraca Merino


**UBICACIÓN :** Abancay - Apurímac.

**FECHA :**


N° REGISTRO	Dimensiones (cm)			Espesor del mortero (cm)	Área de apoyo (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kgf)	Esbeltez	Factor de corrección	Resistencia corregida (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Alto						
<b>Pilas de Albañilería Sin Tarrajeo</b>									
P1-01									
P2-02									
P3-03									
P4-04									
P4-05									
<b>Pilas de Albañilería Con Tarrajeo</b>									
PL-A									
PL-B									
PL-C									
PL-D									
PL-E									

Norma de referencia NTP 399.605


Nota: \_\_\_\_\_




**Dra. Rosmery S. Pozo Enc.**  
DOCENTE




**Danilo Saavedra Ore**  
ING. CIVIL  
CIP. 208622  
Formato Vazio



**Dra. Erika Walle Aravaca Cruz**  
DOCENTE




**Luis Alberto Benites (Luispe Benites)**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 263279




**M. Sc. Ana Marieliz Cuéntar**  
DOCENTE

Figura 77 — Ficha de registro para pilas de albañilería





**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ENSAYO :** RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES

**PROYECTO DE TESIS :** Comportamiento estructural del sistema pórtico armado y albañilería conformado por bloques de concreto de edificaciones de 5 niveles, Abancay - Apurímac, 2024

**TIPO DE MUESTRA :** Murete de Albañilería.

**TESISTA :** Elvis Frich Huaraca Merino

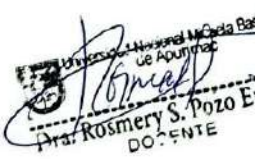
**UBICACIÓN :** Abancay - Apurímac.

**FECHA :**


N° REGISTRO	Dimensiones (cm)			Espesor del mortero (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kgf)	Resistencia corte (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	Largo	Ancho	Alto						
<b>Muretes de Albañilería Sin Tarrajeo</b>									
M - 01									
M - 02									
M - 03									
M - 04									
M - 05									
<b>Muretes de Albañilería Con Tarrajeo</b>									
M - A									
M - B									
M - C									
M - D									
M - E									
Muretes de Albañilería Sin Tarrajeo				--	Muretes de Albañilería Con Tarrajeo				
2.00				--	2.00				
1.00				--	1.00				
0.00				--	0.00				
M - 01	M - 02	M - 03	M - 04	M - 05	M - A	M - B	M - C	M - D	M - E

Norma de referencia NTP 399.621


Nota:




**Rosaery S. Pozo Enci**  
 DOCENTE




**Danilo Saavedra Ore**  
 ING. CIVIL  
 CIP. 208622  
 Formato Vacío



**Víctor A. Chávez**  
 DOCENTE



**Luis Alberto Benítez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 263279



**Marvin Cruz**  
 DOCENTE

Figura 78 — Ficha de registro para muretes de albañilería

