

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados en la ciudad de Andahuaylas en concordancia con la NTP 399.604 y 399.613-Apurímac 2023

Asesor:

Ing. Acosta Valer, Hugo Virgilio

Autor:

Ilasaca Cahuata, Edwar

Para optar el título profesional de: Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2025



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 033

En la ciudad de Abancay, a los 06 días del mes de marzo del 2025, siendo las 03:00 pm horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0225-2025- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 28 de febrero del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel
Dictaminante :	Ph.D. Vásquez Ramírez, Abbon Alex
Replicante :	Ing. Silva Noriega, Fanny

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados en la ciudad de Andahuaylas en concordancia con la NTP 399.604 y 399.613-Apurímac 2023

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Ilasaca Cahuata, Edwar

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Ilasaca Cahuata, Edwar	Aprobado

Siendo las 17:00 horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel

Dictaminante: Ph.D. Vásquez Ramírez, Abbon Alex

Replicante: Ing. Silva Noriega, Fanny

Abancay 11 de marzo del 2025

Se expide la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 331.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

(*) : Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

Reporte de similitud con depósito



Edwar Ilasaca Cahuata

INFORME FINAL TESIS-UTEA-NOVIEMBRE 2025.

Con depósito Edwar Ilasaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:526869398

Fecha de entrega

12 nov 2025, 10:11 GMT-5

Fecha de descarga

12 nov 2025, 10:21 GMT-5

Nombre del archivo

INFORME FINAL TESIS-UTEA-NOVIEMBRE 2025..docx

Tamaño del archivo

9,7 MB

181 páginas

30.131 palabras

156.894 caracteres






25% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 20%  Fuentes de Internet
- 8%  Publicaciones
- 20%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

Metadatos

Datos del Autor	
Apellidos y Nombres	: Ilasaca Cahuata, Edwar
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 01288290
URL ORCID	: Orcid.org/0000-0003-1531-7230
Datos del Asesor	
Apellidos y Nombres	: Ing. Acosta Valer, Hugo Virgilio
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 31036555
URL ORCID	: Orcid.org/000-0003-1492-0441
Datos de la Investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Civil
Línea de Investigación	: Gestión de la Infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años que realizó la Investigación	: 2023-2024
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 25%
URL de OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

DEDICATORIA

A mis padres Flavio y Alejandrina por haberme concedido la vida, ejemplo de experiencia, constancia y sacrificio, quienes me enseñaron que no hay sacrificio mal hecho y que todo esfuerzo tiene su mérito y recompensa.

A la mujer de mi vida Grace, por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida, en especial en la realización del presente trabajo y por confiar en mí.

A mis hijos Yohan y Thalya, por ser tan buenos hijos y buenos ciudadanos.

A mi nieto Edmar Caleb, por revivir mis momentos de padre primerizo y ver la inocencia del pensamiento humano y que la personalidad es formada por el medio en que vivimos y nos rodea.

A mis compañeros, colegas y alumnos de las distintas instituciones educativas donde laboré y laboro, que aún creen y luchan por que el Perú sea más grande que sus problemas.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme formado con valores éticos y sólida formación profesional.

A la Universidad Tecnológica de los Andes, por darme la oportunidad de formarme en una segunda carrera profesional y desarrollar aún más, mi formación profesional.

A cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - UTEA, por haber compartido sus conocimientos y experiencias de trabajo.

A mi asesor Ingeniero Hugo Virgilio Acosta Valer, por sus valiosos aportes, guía invaluable en la ejecución del presente trabajo de investigación y mostrarme que mientras más educada es una persona es más sencilla.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo principal, determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida en la ciudad del Andahuaylas - Apurímac – 2023 y verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos de acuerdo a la NTP E.070 para su uso en construcciones de albañilería. Las unidades muestreadas, fueron adquiridas de tres ladrilleras de la ciudad de Andahuaylas. Los resultados de los ensayos fueron: variación dimensional promedio del largo de las tres ladrilleras fue menor al 4%, el ancho fue menor al 6% y el alto fue menor al 8%; el alabeo promedio de ambas caras fue menor a 10 mm; también se obtuvo una densidad promedio para las tres ladrilleras mayores a 1.5 g/cm^3 ; para el ensayo de absorción se obtuvo un valor promedio menor al 22% para las ladrilleras 01 y 02; la ladrillera 03 tuvo una absorción promedio mayor al 22%; también se verificó que las tres ladrilleras tuvieron una resistencia a la compresión promedio menor a 50 kg/cm^2 . De los ensayos para prismas se obtuvo: la resistencia promedio a la compresión axial (f'_m) de pilas fue menor a 35 kg/cm^2 y al corte (v'_m) en los muretes fue menor a 5.1 kg/cm^2 . Los valores obtenidos clasifican a las unidades de albañilería artesanales como no aptos para el uso en construcciones de albañilería, dado que no cumplen con las condiciones mínimas de aceptación de la NTP E.070 de albañilería.

Palabras clave: unidad de albañilería, propiedades físicas, mecánicas, compresión axial de pilas, compresión diagonal de muretes.

ABSTRACT

The objective was to determine the physical and mechanical properties of fired clay masonry units produced in Andahuaylas city - Apurímac – 2023, and to verify their compliance with the minimum requirements according to NTP E.070 using in masonry constructions. The sampled units were acquired from three brickyards in Andahuaylas. The test results were as follows: the average dimensional variation in length for the three brickyards was less than 4%, the width was less than 6%, and the height was less than 8%; the average warpage for both faces was less than 10 mm; an average density greater than 1.5 g/cm³ was also obtained for the three brickyards; for the absorption test, an average value of less than 22% was obtained for brickyards 01 and 02; brickyard 03 had an average absorption greater than 22%; it was also verified that all three brickyards had an average compressive strength of less than 50 kg/cm². From the prism tests, the following were obtained: the average axial compressive strength ($f'm$) of stacks was less than 35 kg/cm², and the shear strength ($v'm$) in wallets was less than 5.1 kg/cm². The values obtained classify the artisanal masonry units as unsuitable for using in masonry constructions, as they do not meet the minimum acceptance conditions of NTP E.070 for masonry.

Keywords: masonry unit, physical and mechanical properties, axial compression of stacks, diagonal compression of wallets.

Índice General

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos.....	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
Índice General.....	x
Índice de tablas	xiv
Índice de figuras	xix
Índice de anexos	xxi
I. Introducción.....	22
II. Planteamiento del problema.....	24
2.1 Descripción y formulación del problema	24
2.2 Objetivos	25
2.2.1 <i>Objetivo General</i>	25
2.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	25
2.3 Justificación e importancia.....	26
2.4 Hipótesis.....	28
2.4.1 <i>Hipótesis general</i>	28
2.4.2 <i>Hipótesis específicas</i>	28
2.5 Variables.....	29
III. Marco Teórico	31
3.1 Antecedentes	31
3.1.1 <i>A nivel internacional</i>	31
3.1.2 <i>A nivel nacional</i>	33
3.1.3 <i>A nivel regional</i>	34
3.2 Bases teóricas	35

3.2.1	<i>Unidades de albañilería</i>	35
3.2.2	<i>Prismas de albañilería simple</i>	35
3.2.3	<i>Medición de prismas de albañilería</i>	36
3.2.4	<i>Pilas</i>	37
3.2.5	<i>Muretes</i>	37
3.2.6	<i>Ladrillo</i>	38
3.2.7	<i>Usos de los ladrillos de arcilla</i>	39
3.2.8	<i>Características de los ladrillos</i>	39
3.2.9	<i>Propiedades mecánicas de los ladrillos</i>	40
3.2.10	<i>Resistencia a la compresión</i>	40
3.2.11	<i>Determinación de la resistencia a la compresión</i>	41
3.2.12	<i>Resistencia a la tracción</i>	41
3.2.13	<i>Propiedades físicas de los ladrillos</i>	41
3.2.14	<i>Variación dimensional</i>	42
3.2.15	<i>Alabeo</i>	43
3.2.16	<i>Absorción</i>	43
3.2.17	<i>Densidad</i>	44
3.2.18	<i>Clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales</i>	44
3.2.19	<i>Aceptación de la unidad</i>	45
3.3	<i>Definición de términos</i>	46
3.3.1	<i>Agregado fino</i>	46
3.3.2	<i>Agregado grueso</i>	46
3.3.3	<i>Albañilería confinada</i>	47
3.3.4	<i>Los ladrillos</i>	47
3.3.5	<i>Módulo de corte</i>	47
3.3.6	<i>Módulo de elasticidad (Elasticidad)</i>	48
3.3.7	<i>Mortero</i>	48
3.3.8	<i>Muestra</i>	49
3.3.9	<i>Espécimen</i>	49
3.3.10	<i>Media aritmética</i>	49
3.3.11	<i>Prueba de hipótesis</i>	50
3.3.12	<i>P – valor</i>	50

3.3.13 Prueba <i>t</i>	50
3.3.14 Refrendado.....	51
3.3.15 Unidad de Albañilería	51
IV. Metodología	52
4.1 Tipo y nivel de investigación	52
4.2 Ámbito temporal y espacial.....	52
4.3 Población y muestra	53
4.4 Instrumentos	54
4.5 Procedimientos	55
4.6 Análisis de datos.....	55
4.7 Consideraciones éticas	55
V. Resultados y Discusión	57
5.1 Resultados ensayos variación dimensional	57
5.1.1 Resultados variación dimensional ladrillera 01	58
5.1.2 Resultados variación dimensional ladrillera 02	60
5.1.3 Resultados variación dimensional ladrillera 03	62
5.1.5 Discusión de resultados variación dimensional	69
5.2 Resultados ensayos de alabeo.....	71
5.2.1 Resultados alabeo ladrillera 01	74
5.2.2 Resultados alabeo ladrillera LA 02.....	75
5.2.3 Resultados alabeo ladrillera 03.....	76
5.2.4 Hipótesis alabeo de las unidades de albañilería.....	77
5.2.5 Resultados y discusión alabeo.....	80
5.3 Resultados ensayos densidad.....	82
5.3.1 Resultados densidad ladrillera 01	84
5.3.2 Resultados densidad ladrillera 02.....	85
5.3.3 Resultados densidad ladrillera 03.....	86
5.3.4 Hipótesis densidad ladrilleras 01, 02 y 03.....	88
5.3.5 Discusión de resultados densidad ladrilleras 01, 02 y 03.....	89
5.4 Resultados ensayos de absorción	91
5.4.1 Resultados ensayos de absorción ladrillera 01	93
5.4.2 Resultados ensayos de absorción ladrillera 02	94

5.4.3	<i>Resultados ensayos de absorción ladrillera 03</i>	96
5.4.4	<i>Hipótesis ensayos de absorción</i>	97
5.4.5	<i>Discusión de resultados ensayos de absorción</i>	99
5.5	Resultados ensayo de resistencia a la compresión	101
5.5.1	<i>Resultados ensayo de resistencia a la compresión Ladrillera 01</i>	102
5.5.2	<i>Resultados resistencia a la compresión ladrillera 02</i>	104
5.5.3	<i>Resultados resistencia a la compresión ladrillera 03</i>	105
5.5.4	<i>Hipótesis resistencia a la compresión</i>	107
5.5.5	<i>Discusión de resultados de resistencia a la compresión</i>	108
5.6	Resultados ensayo de resistencia a la compresión de pilas	111
5.6.1	<i>Resultados ensayo de resistencia a la compresión de pilas ladrillera 01</i>	113
5.6.2	<i>Resultados ensayo de resistencia a la compresión de pilas ladrillera 02</i>	114
5.6.3	<i>Resultados ensayos de resistencia a la compresión de pilas ladrillera 03</i>	115
5.6.4	<i>Hipótesis ensayos resistencia a la compresión de pilas</i>	115
5.6.5	<i>Discusión de resultados ensayos resistencia a la compresión de pilas</i>	118
5.7	Resultados ensayos resistencia a la compresión diagonal y módulo de corte de muretes	119
5.7.1	<i>Resultados ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 01</i>	121
5.7.2	<i>Resultados ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 02</i>	123
5.7.3	<i>Resultados ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 03</i>	125
5.7.4	<i>Hipótesis ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 03</i>	127
5.7.5	<i>Discusión de resultados ensayos de resistencia a la compresión diagonal de muretes</i>	130
VI.	Conclusiones	133
VII.	Recomendaciones	136
VIII.	Referencias	137
IX.	Anexos	143

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	30
Tabla 2 Características de las unidades de albañilería.....	45
Tabla 3 Muestra ensayos propiedades física de unidades de albañilería, según ladrilleras y ensayos.....	53
Tabla 4 Muestra para la determinación de las propiedades mecánicas de unidades de albañilería, según ladrilleras y ensayos	54
Tabla 5 Distribución según largo, ancho, altura promedio y variación dimensional de la ladrillera 01.....	58
Tabla 6 Distribución según largo, ancho, altura y variación dimensional ladrillera 02	60
Tabla 7 Distribución según largo, ancho, altura y variación dimensional ladrillera 03	62
Tabla 8 Prueba de hipótesis variación dimensional largo	65
Tabla 9 Prueba de hipótesis variación dimensional ancho ladrillera 01, 02 y 03.....	66
Tabla 10 Prueba de hipótesis variación dimensional alto ladrilleras 01, 02 y 03.....	68
Tabla 11 Estadígrafos según dimensión, variación dimensional (largo, ancho y alto) y ladrillera.....	69
Tabla 12 Distribución según alabeo cara 1 y 2 ladrillera 01	74
Tabla 13 Distribución según alabeo cara 1 y 2 ladrillera 02	75
Tabla 14 Distribución según alabeo cara 1 y 2 ladrillera 03	76
Tabla 15 Prueba de hipótesis alabeo cara 1, ladrilleras 01, 02 y 03 (mm)	78
Tabla 16 Prueba de hipótesis alabeo cara 2 (mm)	79
Tabla 17 Estadígrafos según alabeo por caras y ladrillera	81

Tabla 18 Largo, ancho, altura, volumen bruto, volumen de vacíos, volumen neto, peso seco y densidad de ladrillos ladrillera 01.....	84
Tabla 19 Largo, ancho, altura, volumen bruto, volumen neto, volumen de vacíos, peso seco y densidad de ladrillos ladrillera 02.....	85
Tabla 20 Largo, ancho, altura, volumen bruto, volumen neto, volumen de vacíos, peso seco y densidad de ladrillos de la ladrillera 03	86
Tabla 21 Prueba de hipótesis densidad ladrillera 01, 02 y 03	88
Tabla 22 Estadígrafos según densidad (gr/cm^3) y ladrillera.....	90
Tabla 23 Peso natural, seco, saturado y porcentaje de humedad de ladrillos de la ladrillera 01	93
Tabla 24 Peso natural, seco, saturad y porcentaje de absorción de ladrillos ladrillera 02.....	94
Tabla 25 Peso natural, seco, saturado y absorción de unidades de albañilería ladrillera 03 ..	96
Tabla 26 Prueba de hipótesis absorción ladrilleras 01, 02 y 03.....	98
Tabla 27 Estadígrafos según absorción (%) y ladrillera.....	99
Tabla 28 Distribución según largo, ancho, altura promedio, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión ladrillera 01.....	102
Tabla 29 Distribución según largo, ancho, altura promedio, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión ladrillera 02.....	104
Tabla 30 Distribución según largo, ancho, altura promedio, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión ladrillera 03.....	105
Tabla 31 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión ladrilleras 01, 02 y 03	107
Tabla 32 Estadígrafos según resistencia a la compresión (kg/cm^2) y ladrillera	109
Tabla 33 Coeficientes o factores de corrección f_m por esbeltez para el ensayo de resistencia a la compresión axial de pilas.....	112

Tabla 34 Distribución según largo, ancho, altura promedio de pilas, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión de pilas ladrillera 01	113
Tabla 35 Distribución según largo, ancho, altura promedio de pilas, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión de pilas ladrillera 02	114
Tabla 36 Distribución según largo, ancho, altura promedio de pilas, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión de pilas ladrillera 03	115
Tabla 37 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión axial de pilas de ladrilleras 01, 02 y 03	116
Tabla 38 Estadígrafos según resistencia a la compresión axial de pilas (kg/cm^2) y ladrillera	118
Tabla 39 Distribución según largo, ancho, altura de muretes, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 01	121
Tabla 40 Distribución según carga, deformación horizontal y vertical muretes ladrillera 01	121
Tabla 41 Distribución según esfuerzo cortante, módulo de corte de muretes ladrillera artesanal 01	122
Tabla 42 Distribución según largo, ancho, altura de muretes, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 02	123
Tabla 43 Distribución según carga, deformación horizontal y vertical muretes ladrillera 02	124
Tabla 44 Distribución según esfuerzo cortante, deformación angular y módulo de corte de muretes ladrillera 02	125
Tabla 45 Distribución según largo, ancho, altura de muretes, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 03	125

Tabla 46 Distribución según carga, deformación horizontal y vertical muretes ladrillera 03	126
Tabla 47 Distribución según esfuerzo cortante, deformación angular y módulo de corte de muretes ladrillera 03	127
Tabla 48 Hipótesis resistencia a la compresión diagonal de muretes de ladrilleras 01, 02 y 03	128
Tabla 49 Estadígrafos según resistencia a la compresión diagonal de muretes (kg/cm^2) y ladrillera.....	131
Tabla 50 Resultados de variación dimensional ladrillera 01 dimensión longitud.....	156
Tabla 51 Resultados de variación dimensional ladrillera 01 dimensión ancho.....	156
Tabla 52 Resultados de variación dimensional ladrillera 01 dimensión altura	157
Tabla 53 Resultados de variación dimensional ladrillera 02 dimensión longitud.....	158
Tabla 54 Resultados de variación dimensional ladrillera 02 dimensión ancho.....	159
Tabla 55 Resultados de variación dimensional ladrillera 02 dimensión altura	159
Tabla 56 Resultados de variación dimensional ladrillera 03 dimensión longitud.....	160
Tabla 57 Resultados de variación dimensional ladrillera 03 dimensión ancho.....	161
Tabla 58 Resultados de variación dimensional ladrillera 03 dimensión altura	162
Tabla 59 Resultados de densidad ladrillera 01	162
Tabla 60 Resultados de densidad ladrillera 02	163
Tabla 61 Resultados de densidad ladrillera 03	164
Tabla 62 Resultados de alabeo ladrillera 01	165
Tabla 63 Resultados de alabeo ladrillera 02	166
Tabla 64 Resultados de alabeo ladrillera 03	167
Tabla 65 Resultados de absorción ladrillera 01	168

Tabla 66	Resultados de absorción ladrillera 02.....	168
Tabla 67	Resultados de absorción ladrillera 03.....	169
Tabla 68	Resultados de resistencia a la compresión ladrillera 01	170
Tabla 69	Resultados de resistencia a la compresión ladrillera 02	170
Tabla 70	Resultados de resistencia a la compresión ladrillera 03	171
Tabla 71	Resultados de resistencia a la compresión de pilas ladrillera 01	172
Tabla 72	Resultados de resistencia a la compresión de pilas ladrillera 02.....	173
Tabla 73	Resultados de resistencia a la compresión de pilas ladrillera 03.....	173
Tabla 74	Resistencia a compresión diagonal muretes ladrillera 01, 02 y 03.....	174
Tabla 75	Carga versus deformación de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 01	176
Tabla 76	Módulo de corte de muretes de ladrillo artesanal - ladrillera 01	178
Tabla 77	Carga versus deformación de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 02	178
Tabla 78	Módulo de corte de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 02.....	181
Tabla 79	Carga versus deformación de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 03	181
Tabla 80	Módulo de corte de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 03.....	183

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación de las medidas en un prisma	36
Figura 2 Pilas de albañilería simple.....	37
Figura 3 Muretes de albañilería simple	38
Figura 4 Distribución según variación porcentual de la ladrillera 01	60
Figura 5 Distribución según variación dimensional de largo, ancho y alto promedio ladrillera 02	62
Figura 6 Distribución según variación dimensional de largo, ancho y alto promedio ladrillera 03	64
Figura 7 Distribución según variación dimensional (ancho) y ladrillera	71
Figura 8 Medición de la concavidad unidad de albañilería	72
Figura 9 Medición de la convexidad unidad de albañilería.....	73
Figura 10 Distribución según alabeo y ladrillera	82
Figura 11 Densidad de ladrillos - ladrillera 01	85
Figura 12 Distribución según volumen neto y peso seco de ladrillos de la ladrillera 02	86
Figura 13 Distribución según densidad de ladrillos - ladrillera 03	87
Figura 14 Distribución según densidad ladrilleras (g/cm^3)	91
Figura 15 Absorción unidades de albañilería ladrillera 01	94
Figura 16 Absorción de unidades de albañilería ladrillera 02.....	95
Figura 17 Absorción unidades de albañilería ladrillera 03.....	97
Figura 18 Absorción, según ladrilleras (%).....	100
Figura 19 Resistencia a la compresión unidades de albañilería ladrillera 01	103

Figura 20	Resistencia a la compresión unidades de albañilería - ladrillera 02	105
Figura 21	Resistencia a la compresión de unidades de albañilería ladrillera 03	106
Figura 22	Resistencia a la compresión, según ladrilleras 01, 02 y 03 (kg/cm ²).....	110
Figura 23	Resistencia a la compresión axial pilas, según ladrilleras (kg/cm ²)	117
Figura 24	Resistencia a la compresión diagonal de muretes, según ladrilleras (kg/cm ²).....	130
Figura 25	Carga – Desplazamiento Vertical de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 01	177
Figura 26	Carga – desplazamiento horizontal de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 01	177
Figura 27	Carga – desplazamiento Vertical de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 02..	179
Figura 28	Carga – desplazamiento horizontal de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 2	180
Figura 29	Carga – desplazamiento Vertical de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 03..	182
Figura 30	Carga – desplazamiento horizontal de muretes de ladrillo artesanal- ladrillera 03	183

Índice de anexos

Anexo 1	Matriz de consistencia	144
Anexo 2	Operacionalización de variables	146
Anexo 3	Panel fotográfico	147
Anexo 4	Resultados de ensayos a las unidades de albañilería usados en la investigación	156

I. Introducción

El sistema estructural que más se utiliza en el Perú y Sudamérica para la construcción de viviendas en zonas urbanas es la denominada albañilería de ladrillos de arcilla. Mas del 43% de las viviendas son construidas con este sistema estructural. En el sismo de Ático 23 de junio del 2001 (Arequipa, Perú) muchas viviendas de albañilería sufrieron daño. La principal fuente de este daño es la no existencia de un control de calidad adecuado durante la etapa constructiva y una deficiente configuración estructural. El construir una vivienda sin seguir las normas de diseño sísmico y las normas de diseño de albañilería y las recomendaciones de esta guía puede producir daño estructural (CISMID, 2004).

En el periodo intercensal 2007–2017, la población total del país se incrementó en 3 millones 16 mil 621 habitantes, es decir, un crecimiento de 10,7% respecto de la población total de 2007, que fue 28 millones 220 mil 764 habitantes. En promedio, la población peruana ha crecido 301 mil 662 habitantes por año en el mencionado período. La población ha tenido un crecimiento promedio anual de 1,0% durante el periodo 2007–2017 (INEI-PERU, 2018).

Los resultados del Censo de 2017, revelan que a nivel nacional 4 millones 341 mil 444 viviendas particulares (56,4%) predominan en sus paredes exteriores material noble (ladrillo o bloque de cemento y piedra o sillar con cal o cemento), con una tasa de crecimiento promedio anual de 3,7%.

Según departamentos, la provincia de Lima destaca por tener el mayor porcentaje (85,6%) de viviendas con paredes exteriores de ladrillos o bloque de cemento, seguido de los departamentos de Arequipa (81,9%), Tacna (81,4%) y Callao (75,3%), entre los principales. En

comparación con el 2007, los mayores incrementos se producen en los departamentos de Apurímac con 190,1% (16 mil 529), Madre de Dios en 148,6% (12 mil 797 viviendas) y Huancavelica en 117,4% (7 mil 54 viviendas) (INEI - Perú, 2018).

En los últimos 30 años, el crecimiento de construcciones populares e informales han mal interpretado la manera como debe trabajar la albañilería confinada. Se piensa equivocadamente que las columnas y vigas de concreto son más importantes que el muro de albañilería, es decir se le presta cada vez menos atención a la calidad del muro (materiales y mano de obra). Tan es así, que se usan erradamente ladrillos huecos y ladrillos tubulares para muros portantes de carga vertical y de sismo (*Caraza, 2015*).

Las edificaciones de albañilería confinada son las que más abundan en el Perú, y Apurímac no es ajeno a ello, es por este motivo por el que nos vemos con la obligación de realizar un estudio integral de uno de los principales componentes de la albañilería "Los Ladrillos Artesanales" y su comportamiento físico- mecánico (*Tapia, 2015*).

La ciudad de Andahuaylas se encuentra en un crecimiento demográfico significativo por lo que da a una expansión territorial descontrolada y esto tiene consecuencia la alarmante necesidad de vivienda propia por lo que las viviendas construidas con ladrillo artesanal de arcilla es la principal alternativa de construcción, reduciendo los costos de materiales de construcción.

II. Planteamiento del problema

2.1 Descripción y formulación del problema

La construcción con unidades de albañilería de fabricación casera, es un proceso practicado en los últimos 50 años, cumpliendo relativamente con las condiciones técnico-económicas a efectos de ser usado en la construcción de viviendas de la población de ingresos bajos o medios.

Para efectos de la investigación nos hacemos la siguiente interrogante. ¿Las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en la ciudad de Andahuaylas - 2023, cumplen con los requisitos que deben tener los ladrillos de arcilla cocida destinados a la albañilería estructural y no estructural según la Norma Técnica E.070?, pregunta que la responderemos con la hipótesis general planteada en el presente trabajo (Tapia, 2015).

2.1.1 Problema general

¿Las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023 cumplen con la Norma Técnica E.070?

2.1.2 Problemas específicos

¿Las propiedades físicas de los ladrillos artesanales de arcilla, fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac 2023 cumplen con la Norma Técnica E.070?

¿Las propiedades mecánicas de los ladrillos artesanales de arcilla, fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023 cumplen con la Norma Técnica E.070?

¿La resistencia a la compresión axial de pilas de ladrillos artesanales de arcilla, fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023 cumplen con la Norma Técnica E.070?

¿La resistencia a la compresión diagonal de muretes de ladrillos artesanales de arcilla, fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023 cumplen con la Norma Técnica E.070?

2.2 Objetivos

2.2.1 *Objetivo General*

Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac - 2023.

2.2.2 *Objetivos Específicos*

Determinar las propiedades físicas: variación dimensional, alabeo, densidad y absorción de ladrillos artesanales de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac - 2023.

Determinar las propiedades mecánicas: resistencia a la compresión de ladrillos artesanales de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023.

Determinar la resistencia a la compresión axial de pilas de ladrillos artesanales de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023.

Determinar la resistencia a la compresión diagonal de muretes de ladrillos artesanales de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023.

2.3 Justificación e importancia

El presente trabajo de investigación “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados en la ciudad de Andahuaylas en concordancia con la NTP 399.604 y 399.613-Apurímac 2023”, es de vital importancia y se justifica por las siguientes razones:

En la actualidad, las viviendas de material noble de la ciudad de Andahuaylas, son edificadas informalmente y en su mayoría utilizan unidades de albañilería artesanal por lo que se hace necesario evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería fabricadas en la ciudad de Andahuaylas, a efectos de garantizar la seguridad de la vivienda, resistencia a la compresión, tamaño, forma, procedimientos de realización de ensayos y cumplimiento de las Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones, las cuales se fundamentan en:

De acuerdo al (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento: MVCS, 2006), Norma Técnica G.020 del reglamento Nacional de Edificaciones, en la parte de principios generales Art. 1 literal a) de la seguridad de las personas, indica: Crear espacios adecuados para el desarrollo de las actividades humanas, **buscando garantizar la salud, la integridad y la vida de las personas que habitan una edificación o concurren a los espacios públicos**; así mismo, establece las condiciones que deben cumplir las estructuras y las instalaciones con la

finalidad de reducir el impacto sobre las edificaciones y la infraestructura urbana, de los desastres naturales o los provocados por las personas.

El ministerio de vivienda de vivienda y construcción mediante el Decreto Supremo 011-2006-VIVIENDA, aprueba las 66 Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones, dentro de ellas la Norma Técnica E.070 de albañilería (MVCS, 2006), la cual establece requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

Las Normas Técnicas Peruanas 399.604 y 399.613, las cuales se aplican para el control de calidad de los ladrillos de arcilla cocida usados como unidades de albañilería y norman el procedimiento de realización de los ensayos a efectos de determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería (Variación dimensional, alabeo, densidad, absorción y resistencia a la compresión).

Las Normas Técnicas Peruanas 399.605 y 399.621 las cuales se aplican para la ejecución del método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de pilas de albañilería y el método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería, respectivamente. Estos norman el procedimiento de los ensayos a efectos de realizar las pruebas referidas.

Debe destacarse que las unidades de albañilería son parte primordial de una construcción, es debido a ello la importancia de estudiar sus cualidades físico-mecánicas; existe una extensa bibliografía en el país acerca de este tema, pero es debido a que el modo de producción, las proporciones y los materiales utilizados varían en cada horno de fabricación

artesanal y probablemente en cada una de las tandas de la materia prima de fabricación, es por ello que se hace esta investigación con la finalidad de estandarizar y clasificar la producción artesanal local y así garantizar construcciones resistentes, seguras y estables ante eventos fortuitos de la naturaleza (Tapia, 2015).

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas cumplen con la Norma Técnica E. 070 de albañilería, para la su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac - 2023.

2.4.2 Hipótesis específicas

Las propiedades físicas del ladrillo artesanal de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas cumplen que con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac - 2023.

Las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023.

Las pilas construidas con unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida desarrollan una resistencia a la compresión axial que cumple con la Norma Técnica E.070 de

albañilería, para su uso como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023.

Los muretes construidos con unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida desarrollan una resistencia a la compresión diagonal que cumple con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su uso como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023.

2.5 Variables

Las variables analizadas en el presente trabajo de investigación, son las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería fabricadas en la ciudad de Andahuaylas.

Propiedades físicas:

- Variación dimensional
- Alabeo
- Densidad
- Absorción.

Propiedades mecánicas:

- Resistencia a la compresión de unidades de albañilería
- Resistencia a la compresión axial de pilas
- Resistencia a la compresión diagonal de muretes.

III. Marco Teórico

3.1 Antecedentes

3.1.1 *A nivel internacional*

Zuñiga (2018), manifiesta, que la producción de ladrillos en los sectores de Catamayo y Malacatos se sustenta en dos vectores con efectivos y potenciales poderes de degradación ambiental: la extracción de arcilla para servir como materia prima básica y el uso descontrolado de deforestación de árboles nativos para producción de leña como combustible en los hornos. La producción de ladrillo en los sectores de Catamayo y Malacatos no cumple con los estándares de calidad debido a factores como amasado inadecuado lo que provoca una falta de homogeneidad en las mezclas, procesos de producción practicados son netamente rudimentarios.

Jaramillo (2019), en una de sus conclusiones de la tesis de pre grado, indica: “La falta de estandarización de los ladrillos hace que no se garantice la buena recuperación de este material, debido a que no sabemos las proporciones de materia prima que se usaron debido a que solamente se tiene que garantizar que cumpla con unos requisitos de características físicas”.

Puentes (2021), en una de sus conclusiones indica, teniendo en cuenta los valores establecidos por la Norma Técnica Colombiana para cada uno de los parámetros evaluados y, con base en los resultados obtenidos para la resistencia a la compresión, se logró establecer que para uso estructural ninguna de las ladrilleras en estudio cumplen en su totalidad con este parámetro, adicionalmente se obtuvieron valores muy dispersos entre sí; ahora bien para uso no

estructural, encontramos que el 100% de los ladrillos ensayados cumplen con los valores mínimos establecidos.

Aguirre et al., (2022), en su artículo de investigación, manifiestan que, el uso del ladrillo artesanal en Cuenca es una condición significativa del territorio; está asociado tanto a las prácticas edificatorias cuanto, a los saberes ancestrales de su producción, lo cual lo posiciona como el material local predilecto, es decir, como un recurso atemporal de la construcción y la identidad. A pesar de lo anterior, el proceso de producción y uso presentan vulnerabilidad intrínseca establecida desde la caracterización de las muestras. La variación significativa de las propiedades químicas, mineralógicas, físicas y de durabilidad disminuyen el potencial de uso del ladrillo artesanal, frente al industrial o semi industrial, generalmente sujetos a procesos de control de calidad que disminuyen dicha problemática.

Marín (2023), en su tesis de grado concluye: “se determinaron las características físicas y mecánicas de las arcillas recolectadas en los puntos de muestreo, a través de ensayos desarrollados en el Laboratorio de Suelos del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Morona Santiago. El ensayo de granulometría determinó que las arcillas de todos los puntos de muestreo se componen por más del 70% de arcilla y las proporciones restantes son partículas de arena. El porcentaje de humedad natural varía desde el 19.20% hasta el 39.49%; el límite líquido, requerimiento de humedad para cambiar la consistencia de la arcilla de sólida a líquida, varía desde el 28.11% de humedad como el de menor requerimiento hasta el 47.47% de humedad como mayor requerimiento; el límite plástico varía desde el 16.18% hasta el 36.10%; mientras que los índices de plasticidad en los cual la arcilla tiene comportamiento de material plástico, son más favorables en las arcillas procedentes de los puntos de muestreo PM01, PM02 y PM03 con índices de plasticidad de 13.59; 24.84 y 16.22, respectivamente”. Por lo tanto, las

muestras más apropiadas para su utilización en la fabricación de ladrillos artesanales son aquellos con índices de plasticidad más altos.

3.1.2 A nivel nacional

López y Molina (2018), demostró que las características mecánicas en las unidades artesanales la resistencia a la compresión de la unidad solo un 42.86% de las muestras cumplen con la norma teniendo clasificaciones de tipo II; en la resistencia a la compresión de pilas de igual manera solo tres de las siete unidades cumplen con lo mínimo establecido por la norma (35 kg/cm²); la resistencia a la compresión diagonal de muretes el 57.14% de las marcas en estudio cumple con la norma E.070. Se comprobó que la composición química de las unidades industriales es de consideración.

Huamani y Solis (2020), en una de sus conclusiones indica que, las propiedades físicas de las unidades de albañilería adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani presentaron un aumento en referencia al porcentaje de Absorción y succión, esto debido a los espacios vacíos presentes producto de la elevada porosidad de la diatomita. En referencia a los niveles de participación de diatomita en el ladrillo, se puede apreciar que existe una diferencia del 6% al evaluar el porcentaje de absorción entre los ladrillos al 15% y 25% de diatomita, la cual se ve reflejada en los aumentos de los niveles de succión.

Torres (2021), indica que, en Iquitos, existe la problemática referente a la gran cantidad de venta de ladrillos no estandarizados, los mismos que en ocasiones tienen una resistencia mínima a lo esperado por el consumidor, desatando un mercado con irregularidad con respecto

a este producto necesario que es parte de la construcción que se desarrolla en la región, en este sentido para insertarse en la problemática se llevó a cabo, proponer este proyecto.

Padilla (2022), en esta tesis se evaluó las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería para viviendas, fabricadas en las ladrilleras del distrito La Unión, Provincia y Departamento de Piura 2021, en una de sus conclusiones manifiestan que, solo un 30% de ladrilleras de nuestra zona de estudio cumplen la norma E.070 Albañilería, por lo contrario, se evidencia que el 70% de las ladrilleras no cumplieron con los requisitos requeridos.

3.1.3 A nivel regional

A nivel regional se halló solamente una tesis referida al tema “Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas de las Unidades de Ladrillos Artesanales Fabricados en la Ciudad de Andahuaylas 2023 en Concordancia de la NTP. 399.604 y 399. 613 Apurímac 2023”, por lo que consideramos como una limitación en la realización del presente trabajo de investigación.

Cuenca (2020), en su trabajo de tesis para la obtención de su título profesional, considera en una de sus conclusiones donde se logró evaluar las diferentes propiedades físicas de la albañilería producida en el distrito Los Chankas, teniendo como variación dimensional máxima un 0.79%, de alabeo se llega a tener un máximo de 3.5 mm, clasificándola como tipo “IV” según la norma E.070; una humedad natural de 0.46%, una succión promedio de 106.71 gr/200cm²*min, de absorción un 21.42% siendo menor que el 22 % estipulado por la norma E.070 para su aceptación.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Unidades de albañilería

Las unidades empleadas en las construcciones de albañilería son básicamente hechas de arcilla (cerámicas), arena-cal (sílico-calcáreo) y de concreto. De acuerdo a su tamaño, éstas son denominadas Ladrillos y Bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una mano; y bloques, cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos (San Bartolomé, 1994).

3.2.2 Prismas de albañilería simple

En las edificaciones de concreto armado se deben fabricar probetas estándar que se ensayan a compresión para verificar la calidad del concreto especificado en los planos de estructuras (resistencia a la compresión f'_c). De modo similar, en la Norma Técnica E.070 se exige, dependiendo de la magnitud de la obra, la elaboración de pequeños prismas de albañilería llamados Pilas y Muretes, construidos bajo las mismas condiciones con que se edificarán los muros reales. Los ensayos en pilas y muretes permiten determinar:

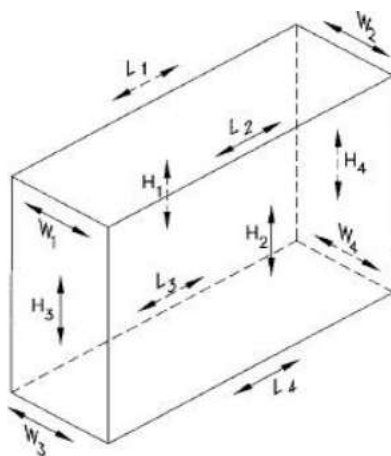
- Las resistencias características a compresión (f'_m) y a corte (v'_m) de la albañilería, para verificar los valores de diseño especificados en los planos de estructuras; esas resistencias permiten predecir los niveles de resistencia de un muro real.
- Las formas de falla, con las cuales es posible predecir la manera como fallarán los muros reales ante terremotos.
- La calidad de la albañilería y de la mano de obra, medida a través de la dispersión de resultados de los ensayos realizados.

Estos prismas deben ser especímenes pequeños, fáciles de almacenar y transportar desde la obra hacia un laboratorio, así como manipular para montarlos en el equipo de ensayo (San Bartolomé Ramos et al., 2018a).

3.2.3 Medición de prismas de albañilería

(CTNUA, 2013), tal como se muestra en la figura, medir con aproximación de 1 mm, la longitud y el ancho en ambos bordes de las caras superior e inferior de los prismas. Determinar la longitud y el ancho del prisma promediando las cuatro medidas de cada dimensión. Medir la altura del prisma en el centro de cada cara con una aproximación de 1 mm. Determinar la altura del prisma promediando las cuatro medidas.

Figura 1
Ubicación de las medidas en un prisma



Nota. Visualización de las medidas de un ladrillo artesanal. Obtenido de la NTP 399.605

3.2.4 Pilas

Las pilas de albañilería son prismas compuestos por dos o más unidades de albañilería (ladrillos) enteras, asentadas una sobre otra mediante mortero. La altura de los prismas no debe ser excesiva, a fin de facilitar su construcción, almacenaje y transporte desde la obra hacia el laboratorio (Enciso, 2016). “Las pilas presentan una esbeltes (altura / espesor) comprendida entre 2 a 5” (San Bartolomé, et al., 2018).

Figura 2

Pilas de albañilería simple



Nota. La figura muestra las pilas elaboradas y usadas en los ensayos.

Elaboración propia.

3.2.5 Muretes

Los muretes deben ser de forma cuadrada con lados iguales a 60 cm para muretes hechos con ladrillos y 80 cm para muretes hechos con bloques.

El ensayo de compresión diagonal en lo muretes de albañilería sirve para determinar la resistencia característica a corte puro (v'_m), y eventualmente - si se instrumenta y registra la

deformaciones diagonales – para determinar el módulo de corte de la albañilería (G_m) (San Bartolomé et al., 2018).

Figura 3

Muretes de albañilería simple



Nota. La figura muestra los muretes elaborados y usados en los ensayos.

Elaboración propia

3.2.6 Ladrillo

Las unidades de albañilería se denominan ladrillos o bloques. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones - particularmente el ancho- y pesos que los hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado. El ladrillo tradicional es una pieza pequeña que usualmente no tiene un ancho mayor de 10 a 12 cm, y cuyo peso no excede los cuatro kilos (Gallegos y Casabonne, 2005).

3.2.7 Usos de los ladrillos de arcilla

Los ladrillos de arcilla sirven como elemento clave para realizar trabajos arquitectónicos, ya que funciona como un importante instrumento en la elaboración, fortalecimiento y embellecimiento de obras, brindándoles un toque de elegancia y durabilidad. Adicionalmente posee cualidades que le permiten ser empleado en decoración de exteriores, ya sea de puertas, ventanas, pisos, entradas de edificaciones, chimeneas, etc. Por otro lado, este material es muy utilizado en la industria de la ingeniería, en construcciones de tipo residencial, comercial, oficinas, entre otros; esto se debe a sus múltiples ventajas, entre las cuales tenemos su bajo costo de producción, su funcionalidad como aislante térmico y acústico, entre otros. Los ladrillos de arcilla se utilizan en los procesos constructivos en mampostería, específicamente en los muros. Los muros se pueden definir como “elementos verticales que se usan para separar y cerrar espacios” (Puentes, 2021).

3.2.8 Características de los ladrillos

Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

- Las unidades de albañilería a las referidas en esta norma son ladrillos y bloques, para cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
- Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

- Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días (Ministerio de Vivienda, 2006).

3.2.9 Propiedades mecánicas de los ladrillos

Las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería, reflejan el comportamiento ante fuerzas externas aplicadas, entonces así tenemos:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la tracción

3.2.10 Resistencia a la compresión

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f') se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra. Variación Dimensional.- Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604 (Ministerio de Vivienda, 2006).

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604.

3.2.11 Determinación de la resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión f'_m está definida como la carga máxima axial entre el área de la sección transversal. Es una de las principales propiedades de la unidad de albañilería, valores altos indican que son de buena calidad para fines estructurales y de exposición; en cambio valores bajos, indican poca resistencia y poca durabilidad. El cálculo de la resistencia en compresión f'_m , se determina con la ecuación (Caraza, 2015).

$$f'_m = \frac{P_{m\acute{a}x}}{\acute{A}rea}$$

3.2.12 Resistencia a la tracción

Un muro sometido a compresión, la falla ocurre por tracción transversal de la unidad de albañilería, mientras ella se encuentra en una situación de cargas triaxiales. Esto demuestra la importancia del conocimiento de esta propiedad. Lamentablemente, su medición solamente puede hacerse, para obtener resultados significativos, en testigos razonablemente macizos (Gallegos y Casabonne, 2005).

3.2.13 Propiedades físicas de los ladrillos

Las propiedades físicas de los ladrillos se basan principalmente en la caracterización del ladrillo a nivel estructural en cuanto al material, es por ello que estas propiedades se obtienen a través de la observación y la medición. Entonces así tenemos lo siguiente:

- Variación dimensional
- Alabeo
- Absorción
- Densidad

- Eflorescencia

(Huamani y Solis, 2020)

3.2.14 Variación dimensional

Las dimensiones de la unidad, según la Norma ITINTEC 331.017, se expresan como: largo x ancho x altura (L x b x h), en centímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento, y las dimensiones nominales (comerciales) usualmente incluyen 1 cm de junta (San Bartolomé, 1994). Donde:

Largo: Es la mayor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.

Ancho: Es la menor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.

Alto: Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo.

Área bruta: Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.

Área neta: Es el área bruta menos el área de los vacíos.

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.15 Alabeo

El alabeo es una característica que al igual que la variabilidad dimensional permite clasificar la unidad de albañilería y puede causar que las juntas que conforman un muro de albañilería presenten vacíos debido a la concavidad y convexidad, esto resultaría en una reducida adhesión entre el mortero y el ladrillo, lo cual disminuiría la resistencia del muro (Ccama & Mamani, 2023).

En términos generales ningún ladrillo conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto, así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas (ITINTEC, 1978).

Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.613 (Ministerio de Vivienda, 2006).

3.2.16 Absorción

La absorción es la asimilación del líquido en el interior del sistema poroso del material, es decir la capacidad de absorción está estrechamente vinculada a las propiedades texturales, nos referimos a la superficie específica y porosidad. Además, la absorción está ligada a la capacidad de impermeabilidad de la unidad y los grados de saturación (Ccama y Mamani, 2023).

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas, la absorción máxima de la unidad que corresponde al hervido de esta

durante cinco horas, y el coeficiente de saturación, que es la relación entre la absorción y la absorción máxima. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho, y luego de eso se vuelven a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes.

Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.1613 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006).

3.2.17 Densidad

La densidad está relacionada directamente con la resistencia a compresión, y para su evaluación se usa el principio de Arquímedes (San Bartolomé, 1994).

A partir de ensayos realizados se ha establecido que existe una relación estrecha entre la densidad del ladrillo y sus otras propiedades. A mayor densidad mejores propiedades de resistencia y de perfección geométrica (ITINTEC, 1978).

3.2.18 Clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2
Características de las unidades de albañilería

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque P ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	20 (2,0)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Nota. Obtenido y adaptado de la Norma Técnica E.070 del RNE

3.2.19 Aceptación de la unidad

- a)** Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- b)** La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase I, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.

- c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.
- d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico. La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- f) La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

3.3 Definición de términos

3.3.1 *Agregado fino*

Agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

3.3.2 *Agregado grueso*

Agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N°4) que cumple los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de la roca.

3.3.3 Albañilería confinada

La Albañilería Confinada se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y las columnas; esta conexión es más bien una tradición peruana. El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, sirve principalmente para ductilizar al sistema; esto es, para otorgarle capacidad de deformación inelástica, incrementando muy levemente su resistencia, por el hecho de que la viga ("solera", "viga collar", "collarín" o "viga ciega") y las columnas son elementos de dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. Adicionalmente, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano (San Bartolomé, 1994).

3.3.4 Los ladrillos

El Ladrillo o tabique es un material de construcción empleado desde la antigüedad, en un principio comenzó elaborándose en su forma cruda, la cual se denomina adobe. Su empleo se debe a que su tamaño permite acomodarse a la mano del hombre (Huamani y Solis, 2020).

3.3.5 Módulo de corte

Deformación se presenta cuando un objeto se somete a una fuerza paralela a una de sus caras mientras la cara opuesta se mantiene fija mediante otra fuerza. El esfuerzo de corte se define como F/A , la relación de la fuerza tangencial al área A de la cara a cortar. La deformación de corte se define como la relación $\Delta x/h$, donde Δx es la distancia horizontal que se mueve la

cara cortada y h es la altura del objeto. En términos de estas cantidades, el módulo de corte está dado por:

$$S = \frac{\text{esfuerzo de corte}}{\text{deformación de corte}} = \frac{F / A}{\Delta x / h}$$

(Serway y Jewett, 2008).

3.3.6 *Módulo de elasticidad (Elasticidad)*

Considere una barra larga con área de sección transversal A y longitud inicial L_i que se sujeta con una pinza en un extremo. Cuando se aplica una fuerza externa perpendicular a la sección transversal, fuerzas internas en la barra resisten la distorsión (“estiramiento”), pero la barra llega a una situación de equilibrio en la que su longitud final L_f es mayor que L_i y en la que la fuerza externa se equilibra exactamente mediante fuerzas internas. En tal situación, se dice que la barra está sobrecargada. El esfuerzo de tracción (o tensión de tracción) se define como la relación de la magnitud de la fuerza externa F al área de sección transversal A . La deformación por tensión (o deformación por tracción) en este caso se define como la relación del cambio en longitud? La longitud original L_i . El módulo de Young se define mediante una combinación de estas dos relaciones:

$$Y = \frac{\text{esfuerzo de tracción}}{\text{deformación por tensión}} = \frac{F / A}{\Delta L / L_i}$$

3.3.7 *Mortero*

El mortero básicamente está compuesto por cemento portland tipo 1, cal hidratada normalizada, arena gruesa y agua. El cemento y la cal funcionan como aglomerantes, mientras que la arena es un agregado inerte (San Bartolomé, 1994).

El mortero cumple la función de asumir las inevitables irregularidades de las unidades y, sobre todo, la de unir las o adherirlas con relativa estabilidad en el proceso constructivo, proveyendo rigidez en la hilada para permitir el asentado de la siguiente hilada, y para formar, en última instancia, un conjunto durable, impermeable y con alguna resistencia a la tracción (Gallegos y Casabonne, 2005).

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610 (Ministerio de Vivienda, 2006).

3.3.8 Muestra

Es el grupo de ladrillos extraídos al azar del lote para efectos de obtener la información necesaria que permita apreciar las características de ese lote (Aguirre, 2004).

3.3.9 Espécimen

“Es cada una de las unidades en donde se aplicará cada ensayo especificado” (Aguirre, 2004).

3.3.10 Media aritmética

Usado generalmente para representar un conjunto de datos mediante un solo valor. Estadígrafo de posición, la cual se halla definida como la suma de los valores individuales de los datos, entre el tamaño de la muestra (Ilasaca, 2012), es decir:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

3.3.11 Prueba de hipótesis

Una hipótesis es una afirmación o aseveración sobre el valor de un solo parámetro (característica de una población o característica de una distribución de probabilidad), sobre los valores de varios parámetros o sobre la forma de una distribución de probabilidad completa (Devore, 2012).

3.3.12 P – valor

El valor de P es denominado también probabilidad de cola, es el nivel de significancia más pequeño, para el cual el valor observado del estadístico de prueba es significativo, es decir, conduce al rechazo o aceptación de la hipótesis nula (H_0). Los valores de P son fáciles de calcular, dependiendo del estadístico de prueba y de la hipótesis alterna (H_1) (Ilasaca, 2012).

3.3.13 Prueba t

Si una variable aleatoria x tiene una distribución normal y se extrae una pequeña ($n < 30$), entonces la cantidad:

$$t = \frac{(x - \mu) \sqrt{n}}{S}$$

Tiene una distribución t de Student con $(n-1)$ grados de libertad (Navidi, 2006).

3.3.14 Refrendado

En las zonas donde el prisma vaya a estar en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo, se aplica un refrendado (capping) blando de yeso-cemento de unos 3 mm de grosor, con la finalidad de corregir las irregularidades que presente la albañilería. Incluso, si el murete no es completamente cuadrado, puede lograrse la forma cuadrada mediante el capping (San Bartolomé, et al., 2018).

3.3.15 Unidad de Albañilería

Componente cerámico artificial de construcción, compuesto básicamente por arcilla cocida, también puede ser de concreto o de sílice- cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular. Este es empleado en la construcción de diversos elementos constructivos, como muros, tabiques, hornos, etc (Quevedo, 2017).

IV. Metodología

La metodología utilizada es la cuantitativa, por lo que aplicaremos el método inductivo, dado que se tomará muestras de algunas ladrilleras de la ciudad de Andahuaylas, a efectos de determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería, responder las hipótesis y poder obtener conclusiones para toda la población.

4.1 Tipo y nivel de investigación

La investigación es de tipo aplicativo, siendo su nivel descriptivo. Dado que, por medio de la aplicación de conocimiento científico, métodos, técnicas, conceptos, estadística descriptiva, describiremos las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanal fabricadas en la ciudad de Andahuaylas, para posteriormente verificar el cumplimiento de la Norma Técnica de Edificaciones E.070 y otras.

4.2 Ámbito temporal y espacial

El ámbito temporal del presente trabajo de investigación es desde noviembre del 2023 a diciembre del 2024 y la espacial es la ciudad de Andahuaylas, debido a que, las fábricas de ladrillos artesanales fueron seleccionadas de la población de ladrilleras ubicadas en la Ciudad de Andahuaylas.

4.3 Población y muestra

La población para el presente estudio, son todas las fábricas de ladrillos artesanales existentes en la ciudad de Andahuaylas – 2023, concretamente las ubicadas en la zona de Chaccamarca.

Para la selección de la muestra, se consideró la NTP E.070, donde indica el tamaño de muestra de lotes de hasta 50 000 unidades, complementando por la teoría del muestreo estadístico. En nuestro caso en particular, se tomó una muestra de 150 unidades de cada ladrillera seleccionadas por conveniencia, considerando su predisposición para la publicación de los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Tabla 3

Muestra ensayos propiedades física de unidades de albañilería, según ladrilleras y ensayos

Ensayo	Ladrillera			Total
	LA 01	LA 02	LA 03	
Var. Dim. y albeo	10	10	10	30
Densidad	10	10	10	30
Absorción	10	10	10	30
Total	30	30	30	90

Nota. La tabla muestra el número de muestras por ensayo y ladrillera. Elaboración propia

Tabla 4

Muestra para la determinación de las propiedades mecánicas de unidades de albañilería, según ladrilleras y ensayos

Ensayo	Ladrillera			Total
	LA 01	LA 02	LA 03	
Resistencia a la compresión unidades	10	10	10	30
Res. a la compresión pilas (3 Unid.)	5 (15)	5 (15)	5 (15)	45
Res. a la compresión muretes (21 Unid.)	3 (63)	3 (63)	3 (63)	189
Total	88	88	88	264

Nota. La tabla muestra el número de muestras por ensayo y ladrillera. Elaboración propia

4.4 Instrumentos

Los instrumentos para la realización del presente trabajo de investigación se usó la técnica de observación directa, la cual consiste en observar, realizar el ensayo y registrar, para posteriormente procesar, analizar, evaluar e interpretar los resultados obtenidos.

Los instrumentos a utilizar para lograr los objetivos y la comprobación de hipótesis del presente trabajo, son:

- Fichas de ensayo Variación Dimensional
- Fichas de ensayo Alabeo
- Fichas de ensayo Absorción
- Fichas de ensayo Densidad
- Fichas de ensayo Compresión – pilas
- Fichas de ensayo Muretes

4.5 Procedimientos

Los procedimientos utilizados para realizar los diversos ensayos de interés, fueron:

- Contratación de laboratorios privados para la realización de los diferentes ensayos.
- Estudio de las diferentes normas específicas para los ensayos de interés en el presente trabajo de investigación.
- Realización de los ensayos de interés para el trabajo de investigación, haciendo uso de los procedimientos indicados en las Normas Técnicas correspondientes.
- Finalmente se procesaron los resultados obtenidos.

4.6 Análisis de datos

Para el análisis de los datos, haremos uso del EXCEL y el software estadístico SPSS, y para la interpretación y discusión de los resultados, se hará uso de la estadística descriptiva e inferencial, donde cada una de ellas cumple una función específica:

- Estadística descriptiva: Tablas, figuras, Media, varianza y desviación estándar.
- Estadística inferencial: Prueba de hipótesis para la media y proporciones.

4.7 Consideraciones éticas

En la realización del presente trabajo de investigación consideramos que la investigación científica es de vital importancia, por lo que respetamos el principio de imparcialidad, originalidad, veracidad y ética. Dado que, como autor del presente trabajo, respetamos los aportes e ideas de otros investigadores, citándolos adecuadamente acorde a las normas APA séptima edición. Así mismo, se realizaron los ensayos requeridos teniendo en cuenta las NTP

correspondientes a cada ensayo, mucho cuidado en los procedimientos y registrando detalladamente los resultados, para posteriormente procesarlos. Finalmente tuvimos en cuenta el Instructivo General de Investigación de la UTEA, aprobado mediante resolución N° 011-2024-UTEA-VRI, para la presentación del presente.

V. Resultados y Discusión

En función a los problemas, objetivos, hipótesis referidas a las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales fabricadas en la ciudad de Andahuaylas, enunciados en el presente trabajo de investigación, a continuación, presentamos el procesamiento y análisis de los resultados obtenidos a través de los distintos ensayos realizados para las muestras de las tres ladrilleras seleccionadas.

5.1 Resultados ensayos variación dimensional

Normatividad

Para la determinación de la variación dimensional, se aplicará el procedimiento especificado en la normativa vigente, NTP 399.613, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

Equipos y materiales

- Regla metálica
- Vernier
- Diez unidades por cada ladrillera

Procedimiento

- Primero se realizó la identificación de las muestras, mediante la colocación de su identificación a cada unidad.

- A efectos de realizar el ensayo de variación dimensional se usó un Vernier metálico. Las medidas tomadas son: altura, ancho y largo en ambas caras.
- Se comparó con las medidas dadas por los fabricantes de ladrillos, para posteriormente hallar las diferencias por cada medida: largo, ancho y alto.

La variación dimensional está dada en porcentaje, la cual es obtenida mediante la siguiente relación:

$$VD = \left(\frac{ME - PM}{ME} \right) \times 100$$

Donde:

VD : Variación dimensional (%)

ME : Medida especificada por la ladrillera

PM : Promedio de medidas dimensiones (largo, ancho y alto)

5.1.1 Resultados variación dimensional ladrillera 01

Tabla 5

Distribución según largo, ancho, altura promedio y variación dimensional de las unidades ladrillera 01

n	Promedio			Variación dimensional (%)		
	L_P	A_P	H_P	VD% L	VD% A	VD% H
LA-1.1	19.216	11.803	7.260	-1.137	1.642	9.250
LA-1.2	19.004	11.636	7.567	-0.021	3.033	5.413
LA-1.3	19.287	11.813	7.588	-1.511	1.558	5.150
LA-1.4	19.163	11.707	7.359	-0.858	2.442	8.013
LA-1.5	19.088	11.555	7.663	-0.463	3.708	4.213
LA-1.6	19.080	11.795	7.324	-0.421	1.708	8.450
LA-1.7	18.980	11.575	7.340	0.105	3.542	8.250
LA-1.8	18.960	11.472	7.467	0.211	4.400	6.663
LA-1.9	19.260	11.654	7.570	-1.368	2.883	5.375
LA-1.10	19.199	11.547	7.668	-1.047	3.775	4.150
Media1	19.124	11.656	7.481	-0.651	2.869	6.493

S	0.118	0.121	0.150	0.623	1.006	1.879
CV	0.617	1.038	2.005	-95.699	35.064	28.939

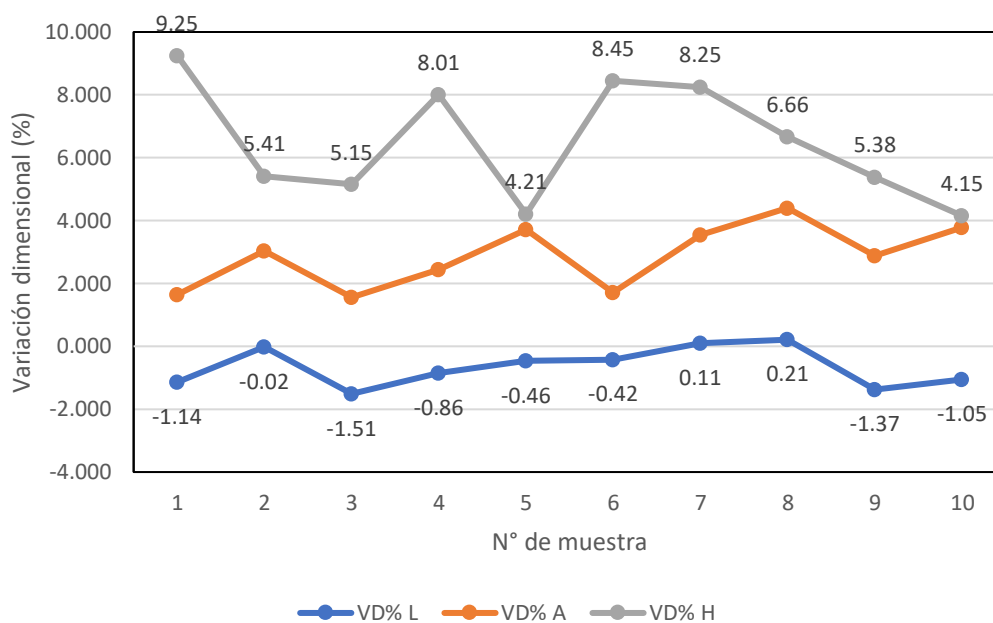
Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 5, observamos que la ladrillera 01 tiene las siguientes variaciones dimensionales:

- El largo tuvo una dimensión promedio 19.123 mm con una desviación estándar de 0.118 mm, lo cual representa una variación promedio dimensional del largo de menos 0.651%.
- El ancho tuvo una dimensión promedio 11.656 mm con una desviación estándar de 0.121 mm, lo cual representa una variación dimensional promedio del ancho de 2.869%.
- El Alto tuvo una dimensión promedio 7.481 mm con una desviación estándar de 0.150 mm, lo cual representa una variación dimensional promedio del largo de 6.493% (Ver Figura 4).

Figura 4

Distribución según variación porcentual de unidades ladrillera 01



Nota. Obtenido mediante el uso del programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.1.2 Resultados variación dimensional ladrillera 02

Tabla 6

Distribución según largo, ancho, altura y variación dimensional de unidades ladrillera 02

n	Promedio			Variación dimensional (%)		
	L_P	A_P	H_P	V% L	V% A	V% H
LA-2.1	18.925	11.403	7.554	0.395	4.975	5.575
LA-2.2	18.562	11.116	7.282	2.305	7.367	8.975
LA-2.3	18.585	11.304	7.384	2.184	5.800	7.700
LA-2.4	18.496	11.293	7.270	2.653	5.892	9.125
LA-2.5	18.596	11.261	7.405	2.126	6.158	7.438
LA-2.6	18.717	11.321	7.258	1.489	5.658	9.275
LA-2.7	18.802	11.378	7.308	1.042	5.183	8.650

LA-2.8	18.434	11.201	7.228	2.979	6.658	9.650
LA-2.9	18.992	11.530	7.590	0.042	3.917	5.125
LA-2.10	18.764	11.311	7.393	1.242	5.742	7.588
Media2	18.687	11.312	7.367	1.646	5.735	7.910
S	0.184	0.113	0.124	0.968	0.938	1.550
CV	0.985	0.999	1.683	58.809	16.356	19.595

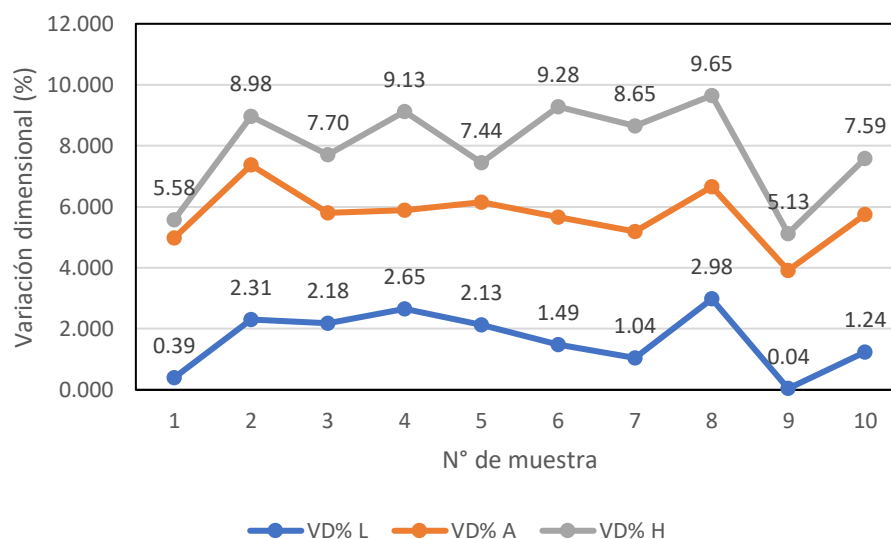
Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De la Tabla 6, observamos que la ladrillera 02 tiene las siguientes variaciones dimensionales:

- El largo tuvo una dimensión promedio 18.687 mm con una desviación estándar de 0.184 mm, lo cual representa una variación promedio dimensional del largo de 1.646%.
- El ancho tuvo una dimensión promedio 11.312 mm con una desviación estándar de 0.113 mm, lo cual representa una variación dimensional promedio del ancho de 5.735%.
- El Alto tuvo una dimensión promedio 7.367 mm con una desviación estándar de 0.124 mm, lo cual representa una variación dimensional promedio del alto de 7.910% (Ver Figura 5).

Figura 5

Distribución según variación dimensional de largo, ancho y alto promedio ladrillera 02



Nota. Figura obtenida mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.1.3 Resultados variación dimensional ladrillera 03

Tabla 7

Distribución según largo, ancho, altura y variación dimensional unidades ladrillera 03

n	Promedio			Variación dimensional (%)		
	L_P	A_P	H_P	VD% L	VD% A	VD% H
LA-3.1	19.913	12.048	7.476	0.435	-0.400	0.320
LA-3.2	19.933	11.899	7.562	0.335	0.842	-0.827
LA-3.3	19.888	11.956	7.483	0.560	0.367	0.227
LA-3.4	19.809	11.949	7.542	0.955	0.425	-0.560
LA-3.5	19.850	11.838	7.456	0.750	1.350	0.587
LA-3.6	19.949	11.883	7.579	0.255	0.975	-1.053
LA-3.7	19.937	11.939	7.455	0.315	0.508	0.600
LA-3.8	19.923	11.930	7.520	0.385	0.583	-0.267
LA-3.9	19.931	11.872	7.572	0.345	1.067	-0.960
LA-3.10	19.948	11.888	7.509	0.260	0.933	-0.120
Media 3	19.908	11.920	7.515	0.459	0.665	-0.205
S	0.046	0.058	0.047	0.230	0.488	0.628
CV	0.231	0.487	0.625	50.109	73.383	-306.341

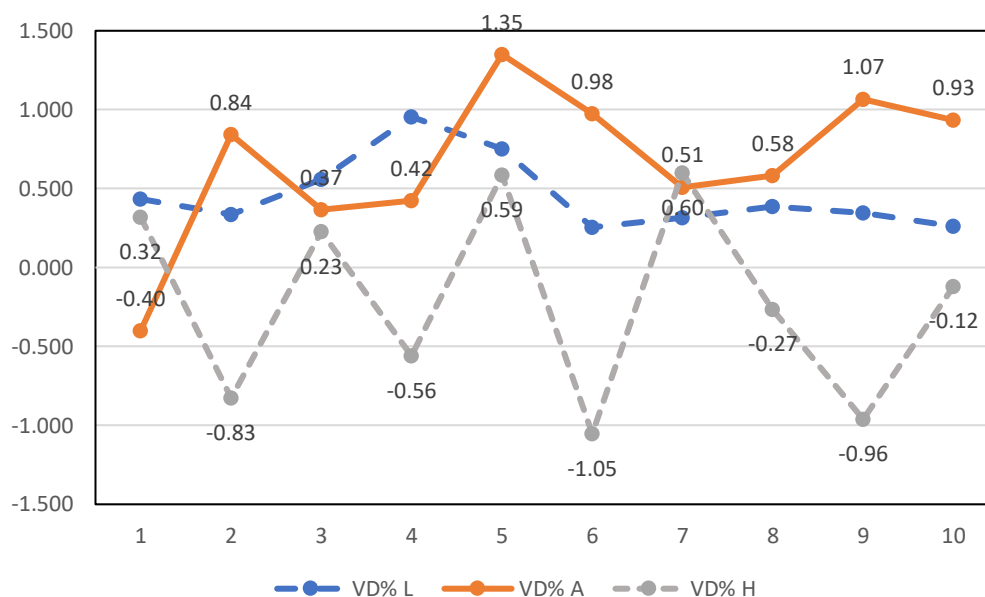
Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia.

De la Tabla 7, observamos que la ladrillera 03 tiene las siguientes variaciones dimensionales:

- El largo tuvo una dimensión promedio 19.908 mm con una desviación estándar de 0.046 mm, lo cual representa una variación promedio dimensional del largo de 0.459%.
- El ancho tuvo una dimensión promedio 11.920 mm con una desviación estándar de 0.058 mm, lo cual representa una variación dimensional promedio del ancho de 0.665%.
- El Alto tuvo una dimensión promedio 7.515 mm con una desviación estándar de 0.047 mm, lo cual representa una variación dimensional promedio del alto de - 0.205% (Ver Figura 6).

Figura 6

Distribución según variación dimensional de largo, ancho y alto promedio unidades ladrillera 03



Nota. Figura obtenida mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.1.4 Hipótesis variación dimensional largo:

H_0 : La variación porcentual largo de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu \geq 4\%$).

H_1 : La variación porcentual largo de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu < 4\%$).

Tabla 8*Prueba de hipótesis variación dimensional largo ladrilleras 01, 02 y 03*

Ladrillera	Valores prueba de hipótesis				
	\bar{x}	S	t	gl	p - valor
VD Largo (%) LA 01	-0.651	0.623	-23.624	9	0.0000
VD Largo (%) LA 02	1.646	0.968	-7.690	9	0.0000
VD Largo (%) LA 03	0.459	0.230	-48.619	9	0.0000

Nota. La tabla muestra los estadígrafos obtenidos mediante el uso del software SPSS.
Elaboración propia.

Considerando la norma E.070 la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, donde acepta una variación dimensional máxima de 4% para longitudes mayores a 150 mm (Largo especificado por el fabricante 190 mm), tomamos las siguientes decisiones en función a la Tabla 8:

- **Para ladrillera 01:** Dado que $p = 0.0000 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que la variación porcentual del largo es menor al 4%, cumpliendo con la Norma Técnica E.070.
- **Para ladrillera 02:** Dado que $p = 0.0000 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que la variación porcentual del largo es menor al 4%, cumpliendo con la Norma Técnica E.070.
- **Para ladrillera 03:** Dado que $p = 0.0000 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que la variación porcentual del largo es menor al 4%, cumpliendo con la Norma Técnica E.070.

Hipótesis variación dimensional ancho de ladrilleras 01, A2 y 03

H₀: La variación porcentual ancho de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu \geq 6\%$).

H₁: La variación porcentual ancho de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu < 6\%$).

Tabla 9

Prueba de hipótesis variación dimensional ancho ladrilleras 01, 02 y 03

Ladrillera	Valores prueba de hipótesis				
	\bar{x}	S	t	gl	p - valor
VD Ancho (%) LA 01	2.869	1.006	-9.844	9	0.0000
VD Ancho (%) LA 02	5.735	0.938	-0.893	9	0.1976
VD Ancho (%) LA 03	0.665	0.488	-34.582	9	0.0000

Nota. La tabla muestra los estadígrafos obtenidos mediante el uso del software SPSS.
Elaboración propia

Considerando la norma E.070 la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, donde acepta una variación dimensional máxima de 6% para longitudes hasta

150 mm (Largo especificado por el fabricante 120 mm), tomamos las siguientes decisiones en función a la Tabla 9:

- **Para LA 01:** Dado que $p = 0.0000 < \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que la variación dimensional del ancho es menor al 6%, cumpliendo con la norma E.070.
- **Para LA 02:** Dado que $p = 0.1976 > \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la alterna, por lo que concluimos que la variación dimensional del ancho es mayor al 6%, cumpliendo con la Norma Técnica E.070.
- **Para LA 03:** Dado que $p = 0.0000 < \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que la variación dimensional del ancho es menor al 6%, cumpliendo con la Norma Técnica E.070.

Hipótesis variación dimensional alto de ladrilleras 01, A2 y 03

H_0 : La variación dimensional alto de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu \geq 8\%$).

H_1 : La variación dimensional alto de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu < 8\%$).

Tabla 10*Prueba de hipótesis variación dimensional alto ladrilleras 01, 02 y 03*

Ladrillera	Valores prueba de hipótesis				
	\bar{x}	S	t	Gl	p - valor
VD Ancho (%) LA 01	6.493	1.879	-2.537	9	0.0159
VD Ancho (%) LA 02	7.910	1.550	-0.184	9	0.4290
VD Ancho (%) LA 03	-0.205	0.628	-41.315	9	0.0000

Nota. La tabla muestra los estadígrafos obtenidos mediante el software SPSS.

Elaboración propia

Considerando la norma E.070 la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, acepta una variación dimensional máxima del alto de 8% para longitudes hasta 100 mm (Alto especificado por el fabricante 75 mm), tomamos las siguientes decisiones en función a la Tabla 10:

- **Para LA 01:** Dado que $p = 0.0159 < \alpha = 0.05$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la alterna, por lo que concluimos que la variación dimensional del alto es menor al 8%, cumpliendo con la Norma Técnica E.070 (con $\alpha = 0.01$), no cumple.
- **Para LA 02:** Dado que $p = 0.4290 > \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la nula, por lo que concluimos que la variación dimensional del alto es mayor al 8%, no cumpliendo con la Norma Técnica E.070.
- **Para LA 03:** Dado que $p = 0.0000 < \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que la variación dimensional del ancho es menor al 8%, cumpliendo con la Norma Técnica E.070.

5.1.5 *Discusión de resultados variación dimensional*

Discusión de resultados objetivo específico 1

Determinar las propiedades físicas: variación dimensional de ladrillos artesanales de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac - 2023.

De acuerdo a las medidas especificadas por los fabricantes de las ladrilleras analizadas:

Ladrillera 01 y 02: 19x12x8 (Largo: 20 cm; ancho: 12 cm; Alto: 8 cm)

Ladrillera 03: 20x12x7.5 (Largo: 20 cm; ancho: 12 cm; Alto: 7.5 cm)

y la Norma Técnica E.070 para la clasificación para fines estructurales, indica las variaciones máximas de acuerdo a la longitud del lado a ser medido. La siguiente tabla muestra los resultados resumidos del ensayo de variación dimensional de las unidades de albañilería:

Tabla 11

Estadígrafos según dimensión, variación dimensional (largo, ancho y alto) y ladrillera

Lad.	Estad.	Dimensiones (cm)			Var. Dimensional (%)		
		Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
LA 01	\bar{x}	19.124	11.656	7.481	-0.651	2.869	6.493
	S	0.118	0.121	0.15	0.623	1.006	1.979
LA 02	\bar{x}	18.687	11.312	7.367	1.646	5.735	7.910
	S	0.184	0.113	0.124	0.968	0.938	1.550
LA 03	\bar{x}	19.908	11.92	7.515	0.459	0.665	-0.205
	S	0.046	0.058	0.047	0.23	0.488	0.628
NTE E.070					± 4	± 6	± 8

Nota. Elaboración propia y adaptado de la NTE 0.70

De acuerdo a la Tabla 11, observamos que:

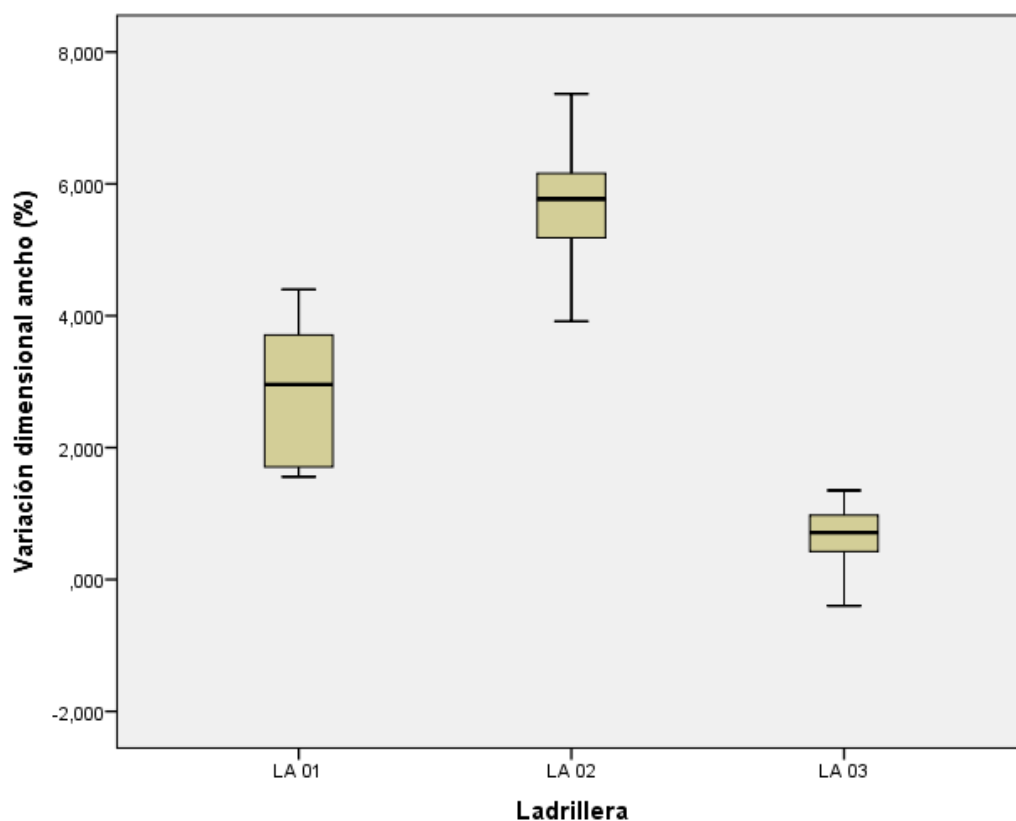
La variación dimensional de las unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas: largo, ancho y altura, están dentro del rango de aceptación de la Norma Técnica E.070 de albañilería, con excepción de la LA 02, que tiene una variación dimensional del ancho de $(5.735 + 0.938)\% > 6\%$, por lo cual no estaría apta para el uso en construcciones de albañilería (Figura 7), ocurriendo lo mismo con el alto. Los resultados obtenidos son corroborados por la prueba de hipótesis referido al ensayo de variación dimensional desarrollado en el acápite 5.1.4, donde se prueba la hipótesis todas ladrilleras tienen una variación dimensional de largo, ancho y altura dentro del rango aceptable, con un nivel de significancia de 1%; así mismo es corroborado por (Aliaga, 2017), en su trabajo de tesis, donde en una de sus conclusiones indica: la variación dimensional de la muestra de la ladrillera Santos, presenta una variación dimensional del 1.24 % con un coeficiente de variación 1.86 % y de la muestra de la ladrillera Vilchez, presenta una variación dimensional del 3.17%, con un coeficiente de variación 0.78 %. Consecuentemente ambos tipos se clasifica como un ladrillo tipo IV en la Norma Técnica E.070.

Ninguna de las ladrilleras cumple con medidas especificadas al momento de vender (20x12x7.5 cm), siendo la ladrillera 03 la que tiene las medidas más próximas a la especificada por los ellos. Ninguna de las ladrilleras analizadas cumple con la altura especificada de 7.5 cm, por lo que las juntas tendrán un espesor variable y por ende su resistencia a la compresión y corte disminuirán. Esto también podría deberse al uso de mano de obra no calificada en la fabricación de los ladrillos artesanales.

También observamos la que tiene mayor variación dimensional en el largo, ancho y alto es la ladrillera 02 (1.646, 5.735% y 7.910%), respectivamente, y la que tiene la menor variación dimensional es la ladrillera 03 (0.459%, 0.665% y -0.205) (ver Figura 7).

Figura 7

Distribución según variación dimensional (ancho) y ladrillera



Nota. Figura obtenida mediante el software SPSS. Elaboración propia

5.2 Resultados ensayos de alabeo

Normatividad

Para la realización del ensayo de alabeo, se aplicará el procedimiento especificado en la NTP 399.613, Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, 2017.

Equipos y materiales

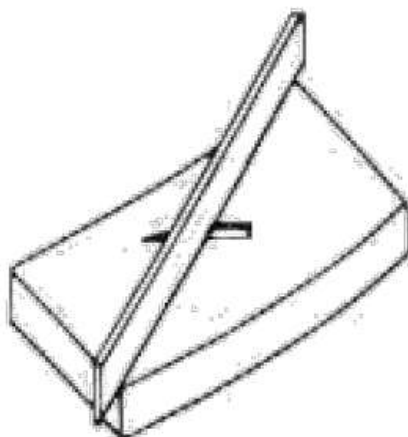
- Escobilla de cerdas suaves
- Regla metálica
- Vernier
- Diez unidades por cada ladrillera

Procedimiento

- Identificación de las muestras, mediante la colocación de identificación a cada unidad y procedimos a limpiarlos usando una escobilla.
- Medición de concavidad: colocamos el borde recto de la regla metálica sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo, midiéndose la concavidad en mm, introduciendo la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima (Figura 8).

Figura 8

Medición de la concavidad unidad de albañilería

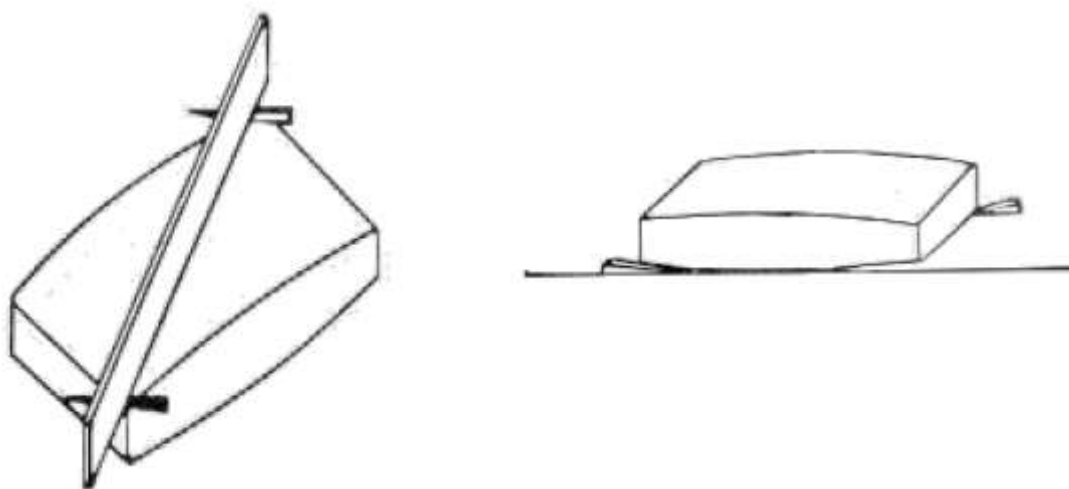


Nota. Adaptado de NTP 331.018, ITINTEC, 1978

- **Medición de la convexidad:** Se coloca al borde recto de la regla sea sobre una diagonal o bien sobre dos aristas opuestas de una de las caras mayores de ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida (Figura 8). Se apoya el ladrillo por la cara a medir sobre una superficie plana, se introduce cada una de las cuñas en dos vértices opuestos diagonalmente o en dos aristas, buscando el punto para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida (ver Figura 9).

Figura 9

Medición de la convexidad unidad de albañilería



Nota. Adaptado de NTP 331.018, ITINTEC, 1978

5.2.1 Resultados alabeo ladrillera 01

Tabla 12

Distribución según alabeo cara 1 y 2 ladrillera 01

Espec.	Alabeo cara 1 (mm)					Alabeo cara 2 (mm)				
	A1	A2	Pro. C1	Cóncavo	Convexo	A1	A2	Pro. C2	Cóncavo	Convexo
LA-1.1	1.1	1.2	1.15	1.15	-	0.6	0.4	0.50	-	0.5
LA-1.2	0.3	0.5	0.40	-	0.40	0.9	0.9	0.90	-	0.9
LA-1.3	0.1	0.3	0.20	-	0.20	0.4	0.5	0.45	-	0.45
LA-1.4	0.1	0.0	0.05	0.05	-	0.8	0.7	0.75	-	0.75
LA-1.5	0.8	0.8	0.80	-	0.80	0.4	0.6	0.50	-	0.5
LA-1.6	1.1	0.9	1.00	-	1.00	1.1	1.0	1.05	-	1.05
LA-1.7	2.3	2.4	2.35	-	2.35	1.3	1.5	1.40	-	1.4
LA-1.8	0.5	0.5	0.50	-	0.50	1.2	1.3	1.25	-	1.25
LA-1.9	0.3	0.3	0.30	-	0.30	0.1	0.2	0.15	-	0.15
LA-1.10	1.3	1.5	1.40	1.40	-	1.5	1.6	1.55	1.55	-
\bar{x}			0.82	0.87	0.79			0.85	1.55	0.77
S			0.69	0.72	0.74			0.46	0.00	0.41
CV			85.26	82.87	93.57			54.05	0.00	53.31

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia.

De la Tabla 12, observamos que el alabeo de la ladrillera 01, nos indica que:

- El alabeo promedio de la cara 1 de las unidades de albañilería es de 0.82 mm con una desviación estándar de 0.69 mm.
- El alabeo promedio de la cara 1 de las unidades que tienen una deformación cóncava (30%) es 0.87 mm y una desviación estándar de 0.72 mm.
- El alabeo promedio de la cara 1 de las unidades que tienen una deformación convexa (70%) es 0.79 mm y una desviación estándar de 0.72 mm.
- El alabeo promedio de la cara 2 de las unidades de albañilería es de 0.85 mm con una desviación estándar de 0.46 mm.

- El alabeo promedio de la cara 2 de las unidades que tienen una deformación convexa es 0.77 mm y una desviación estándar de 0.41 mm.

5.2.2 Resultados alabeo ladrillera LA 02

Tabla 13

Distribución según alabeo cara 1 y 2 ladrillera 02

Espec.	Alabeo cara 1 (mm)					Alabeo cara 2 (mm)				
	A1	A2	Pro. C1	Cóncavo	Convexo	A1	A2	Pro. C2	Cóncavo	Convexo
LA-2.1	1.0	1.0	1.00	-	1.00	0.8	0.4	0.60	-	0.6
LA-2.2	0.3	0.5	0.40	0.40	-	0.4	0.4	0.40	0.40	-
LA-2.3	1.3	1.4	1.35	-	1.35	1.2	1.4	1.30	-	1.3
LA-2.4	1.0	1.0	1.00	1.00	-	0.1	0.00	0.05	0.05	-
LA-2.5	0.2	0.3	0.25	-	0.25	0.2	0.2	0.20	0.20	-
LA-2.6	0.5	0.5	0.50	0.50	-	0.5	0.1	0.30	-	0.3
LA-2.7	0.5	0.3	0.40	0.40	-	0.9	0.6	0.75	0.75	-
LA-2.8	0.3	0.6	0.45	0.45	-	0.3	0.4	0.35	0.35	-
LA-2.9	0.9	0.5	0.70	0.70	-	1.7	1.5	1.60	1.60	-
LA-2.10	0.6	0.7	0.65	0.65	-	0.9	0.7	0.80	-	0.8
Media			0.67	0.59	0.87			0.64	0.56	0.75
S			0.35	0.22	0.56			0.49	0.56	0.42
CV			51.73	37.12	64.85			77.78	100	56.04

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia.

De la Tabla 13, observamos que el alabeo de la ladrillera 02, nos indica que:

- El alabeo promedio de la cara 1 de las unidades de albañilería es de 0.67 mm con una desviación estándar de 0.35 mm.
- El alabeo promedio de la cara 1 de las unidades que tienen una deformación cóncava (70%) es 0.59 mm y una desviación estándar de 0.22 mm.

- El alabeo promedio de la cara 1 de las unidades que tienen una deformación convexa (30%) es 0.87 mm y una desviación estándar de 0.56 mm.
- El alabeo promedio de la cara 2 de las unidades de albañilería es de 0.64 mm con una desviación estándar de 0.49 mm.
- El alabeo promedio de la cara 2 de las unidades que tienen una deformación cóncava (60%) es 0.56 mm y una desviación estándar de 0.56 mm.
- El alabeo promedio de la cara 2 de las unidades que tienen una deformación convexa (40%) es 0.75 mm y una desviación estándar de 0.42 mm.

5.2.3 Resultados alabeo ladrillera 03

Tabla 14

Distribución según alabeo cara 1 y 2 ladrillera 03

Espec.	Alabeo cara 1 (mm)					Alabeo cara 2 (mm)				
	A1	A2	Pro. C1	Cóncavo	Convexo	A1	A2	Pro. C2	Cóncavo	Convexo
LA-3.1	0.1	0.0	0.05	0.05	-	0.8	0.4	0.60	0.60	-
LA-3.2	1.6	1.9	1.75	1.75	-	0.6	0.6	0.60	0.60	-
LA-3.3	0.7	0.7	0.70	0.70	-	1.1	1.0	1.05	-	1.05
LA-3.4	0.6	0.7	0.65	0.65	-	0.9	0.7	0.80	0.80	-
LA-3.5	1.3	1.4	1.35	1.35	-	1.8	1.4	1.60	1.60	-
LA-3.6	0.2	0.4	0.30	0.30	-	0.9	1.1	1.00	1.00	-
LA-3.7	1.2	1.2	1.20	1.20	-	0.7	0.6	0.65	0.65	-
LA-3.8	1.0	0.9	0.95	0.95	-	1.1	1.1	1.10	1.10	-
LA-3.9	0.7	0.5	0.60	0.60	-	0.2	0.3	0.25	-	0.25
LA-3.10	1.6	1.6	1.60	1.60	-	2.0	2.1	2.05	2.05	-
Media			0.92	0.92	-			0.97	1.05	0.65
S			0.56	0.56	-			0.53	0.53	0.57
CV			60.74	60.74	-			54.45	50.07	87.03

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 14, observamos que el alabeo de la ladrillera 03, nos indica que:

- El alabeo promedio de la cara 1 de las unidades de albañilería es de 0.92 mm con una desviación estándar de 0.56 mm.
- El alabeo promedio de la cara 1 de las unidades que tienen una deformación cóncava (100%) es 0.92 mm y una desviación estándar de 0.56 mm.
- El alabeo promedio de la cara 2 de las unidades de albañilería es de 0.97 mm con una desviación estándar de 0.53 mm.
- El alabeo promedio de la cara 2 de las unidades que tienen una deformación cóncava (80%) es 1.05 mm y una desviación estándar de 0.53 mm.
- El alabeo promedio de la cara 2 de las unidades que tienen una deformación convexa (20%) es 0.65 mm y una desviación estándar de 0.57 mm.

5.2.4 Hipótesis alabeo de las unidades de albañilería

Hipótesis alabeo cara 1:

H₀: El alabeo promedio de la cara 1 de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu \geq 10$ mm).

H₁: El alabeo promedio de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu < 10$ mm).

Tabla 15

Prueba de hipótesis alabeo cara 1, ladrilleras 01, 02 y 03 (mm)

Ladrillera	Valores prueba de hipótesis				
	\bar{x}	S	t	gl	p - valor
Alabeo LA 01	0.82	0.69	-41.802	9	0.0001
Alabeo LA 02	0.67	0.35	-85.131	9	0.0001
Alabeo LA 03	0.92	0.56	-51.69	9	0.0001

Nota. La tabla muestra los estadígrafos obtenidos mediante el software SPSS.

Elaboración propia

Considerando la NTE.070 la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, donde acepta un alabeo máximo de 10 mm, tomamos las siguientes decisiones en función a la Tabla 15:

- **Para LA 01:** Dado que $p = 0.0001 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que el alabeo promedio es menor a 10 mm, por lo que cumple con la NTE.070.
- **Para LA 02:** Dado que $p = 0.0001 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que el alabeo promedio es menor a 10 mm, por lo que cumple con la NTE.070.
- **Para LA 03:** Dado que $p = 0.0001 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que el alabeo promedio es menor a 10 mm, por lo que cumple con la NTE.070.

Hipótesis alabeo Cara 2:

H_0 : El alabeo promedio de la cara 2 de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu \geq 10$ mm).

H_1 : El alabeo promedio de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu < 10$ mm).

Tabla 16

Prueba de hipótesis alabeo cara 2 (mm)

Ladrillera	Valores prueba de hipótesis				
	\bar{x}	S	T	gl	p - valor
Alabeo LA 01	0.85	0.46	-62.975	9	0.0001
Alabeo LA 02	0.64	0.49	-59.964	9	0.0001
Alabeo LA 03	0.97	0.53	-54.061	9	0.0001

Nota. La tabla muestra los estadígrafos obtenidos mediante el software SPSS.

Elaboración propia

Considerando la Norma Técnica E.070, la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, donde acepta un alabeo máximo de 10 mm, tomamos las siguientes decisiones en función a la Tabla 16:

- **Para LA 01:** Dado que $p = 0.0001 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que el alabeo promedio es menor a 10 mm, por lo que cumple con la NTE.070.
- **Para LA 02:** Dado que $p = 0.0001 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que el alabeo promedio es menor a 10 mm, por lo que cumple con la NTE.070.
- **Para LA 03:** Dado que $p = 0.0001 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, por lo que concluimos que el alabeo promedio es menor a 10 mm, por lo que con la NTE.070.

5.2.5 *Resultados y discusión alabeo*

Discusión de resultados objetivo específico 1

Determinar las propiedades físicas: alabeo de ladrillos artesanales de arcilla fabricados en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac - 2023.

Considerando la NTP E0.70 la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, acepta un alabeo máximo de 10 mm para unidades de arcilla, tomamos las siguientes decisiones en función a la tabla 19. La siguiente tabla muestra los resultados resumidos del ensayo de alabeo de las unidades de albañilería.

Tabla 17*Estadígrafos según alabeo por caras y ladrillera*

Ladrillera	Estadígrafos	CARA 1			CARA 2		
		Alabeo	Cóncavo	Convexo	Alabeo	Cóncavo	Convexo
LA 01	n	10	3	7	10	1	9
	\bar{x}	0.82	0.87	0.79	0.85	1.55	0.77
	S	0.69	0.72	0.74	0.46	0	0.41
LA 02	n	10	7	3	10	6	4
	\bar{x}	0.67	0.59	0.87	0.64	0.56	0.75
	S	0.35	0.22	0.56	0.49	0.56	0.42
LA 03	N	10	10	0	10	8	2
	\bar{x}	0.92	0.92	---	0.97	1.05	0.65
	S	0.56	0.56	---	0.53	0.53	0.57
NTP E.070		±10			±10		

Nota. Elaboración propia y adaptado de la NTE 0.70

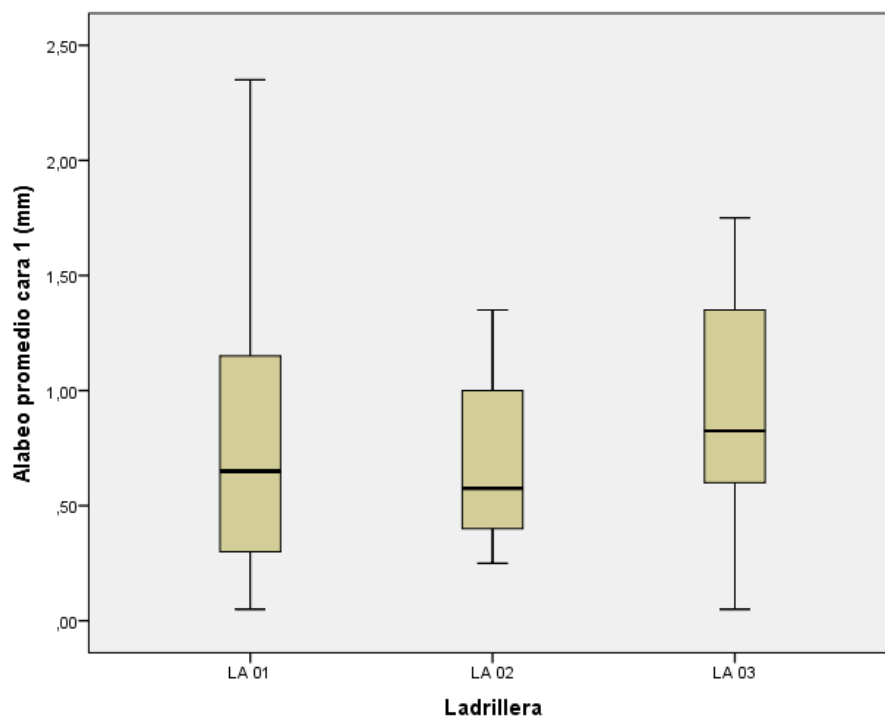
De acuerdo a la Tabla 17, observamos que:

El alabeo de las unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas, están dentro del rango de aceptación de la Norma Técnica E.070 de albañilería, todas tienen un alabeo menor a 10 mm, por lo cual estarían aptas para el uso en construcciones de albañilería. Los resultados obtenidos son corroborados por la prueba de hipótesis referida al ensayo de alabeo desarrollado en el acápite 5.2.4, donde se prueba la hipótesis todas ladrilleras tienen un alabeo promedio menor a 10 mm, con un nivel de significancia de 1%; así mismo es corroborado por (Padilla, 2022), en su trabajo de tesis, donde en una de sus conclusiones indica: Concluyendo que para el ensayo de variación dimensional se pudo encontrar que los promedios de las 20 ladrilleras para los ensayos de variación dimensional fueron de 2.27%; en el ensayo de alabeo fue de 2.67 mm; en el ensayo de absorción fue de 21.97%; en el ensayo de resistencia a la compresión fue 48.93 kg/cm². Los resultados referidos, coinciden con nuestro trabajo, casi en todas las variables analizadas.

También observamos las que tiene el mayor alabeo son las ladrilleras 01 y 03 (0.82 mm y 0.92 mm), respectivamente, en contraste, el que tiene el menor alabeo es la ladrillera 02 (0.62 mm) (ver Figura 10).

Figura 10

Distribución según alabeo y ladrillera



Nota. Figura obtenida mediante el software SPSS. Elaboración propia

5.3 Resultados ensayos densidad

Normatividad

Para la realización del ensayo de densidad, se aplicará el procedimiento especificado en la NTP 399.613, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

Equipos y materiales

- Vernier
- Balanza con capacidad superior a 3000 g y una aproximación de 0.5 g.
- Horno de secado.
- Recipiente con agua para sumergir las unidades.
- Diez unidades por cada ladrillera.

Procedimiento

- Identificación de las muestras, mediante la colocación de identificación a cada unidad.
- A efectos de obtener el volumen se usó un Vernier metálico. Se realizó las medidas de: largo, ancho y altura en ambas caras.
- Las unidades fueron pesadas antes de ser introducidas al horno.
- Las unidades fueron introducidas al horno a una temperatura de 110° por 24 horas aproximadamente, a efectos que se encuentren completamente secas.
- Las unidades fueron pesadas después de ser extraídas del horno, después de un periodo de enfriamiento de una hora.

La densidad está dada en (g/cm³), la cual es obtenida mediante la siguiente relación:

$$\rho = \frac{W_d}{V}$$

Donde:

W_d : Peso seco (g)

V : Volumen (cm³)

ρ : Densidad (g/cm³)

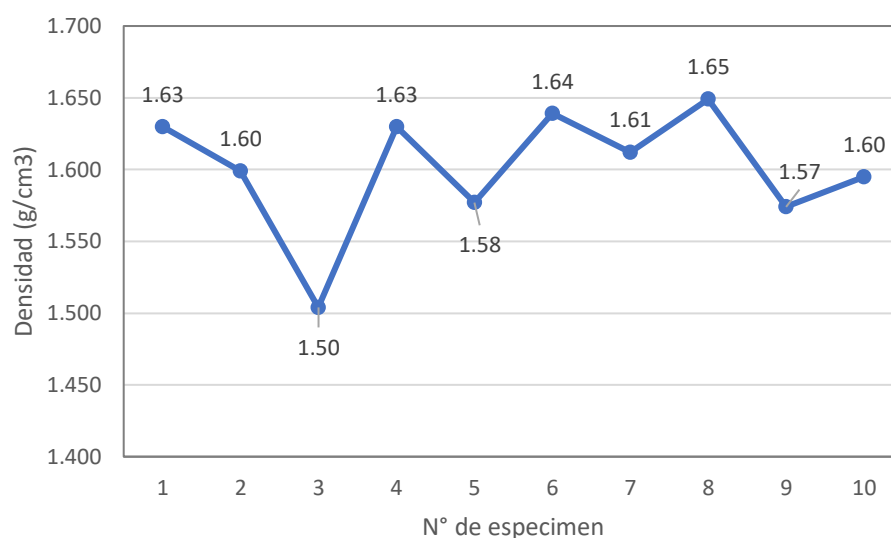
5.3.1 Resultados densidad ladrillera 01

Tabla 18

Largo, ancho, altura, volumen bruto, volumen de vacíos, volumen neto, peso seco y densidad de ladrillos ladrillera 01

Espec.	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Vol. bruto (cm³)	Vol. vacios (cm³)	Vol. neto (cm³)	Masa seca (g)	Densidad (g/cm³)
LA-1.1	19.216	11.803	7.260	1646.615	222.838	1423.777	2320.30	1.630
LA-1.2	19.004	11.636	7.567	1673.295	224.865	1448.430	2316.70	1.599
LA-1.3	19.287	11.813	7.588	1728.830	221.757	1507.073	2267.00	1.504
LA-1.4	19.163	11.707	7.359	1650.927	223.777	1427.150	2325.80	1.630
LA-1.5	19.088	11.555	7.663	1690.165	227.973	1462.192	2306.00	1.577
LA-1.6	19.080	11.795	7.324	1648.256	226.689	1421.567	2329.40	1.639
LA-1.7	18.980	11.575	7.340	1612.550	226.216	1386.334	2234.90	1.612
LA-1.8	18.960	11.472	7.467	1624.141	224.527	1399.614	2308.30	1.649
LA-1.9	19.260	11.654	7.570	1699.132	224.527	1474.605	2320.80	1.574
LA-1.10	19.199	11.547	7.668	1699.925	224.932	1474.993	2352.40	1.595
Media				1667.384	224.810	1442.574	2308.160	1.601
S				37.030	1.825	37.561	33.608	0.043
CV				2.221	0.812	2.604	1.456	2.659

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

Figura 11*Densidad de ladrillos - ladrillera 01*

Nota. Figura obtenida mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.3.2 Resultados densidad ladrillera 02

Tabla 19

Largo, ancho, altura, volumen bruto, volumen neto, volumen de vacíos, peso seco y densidad de ladrillos ladrillera 02

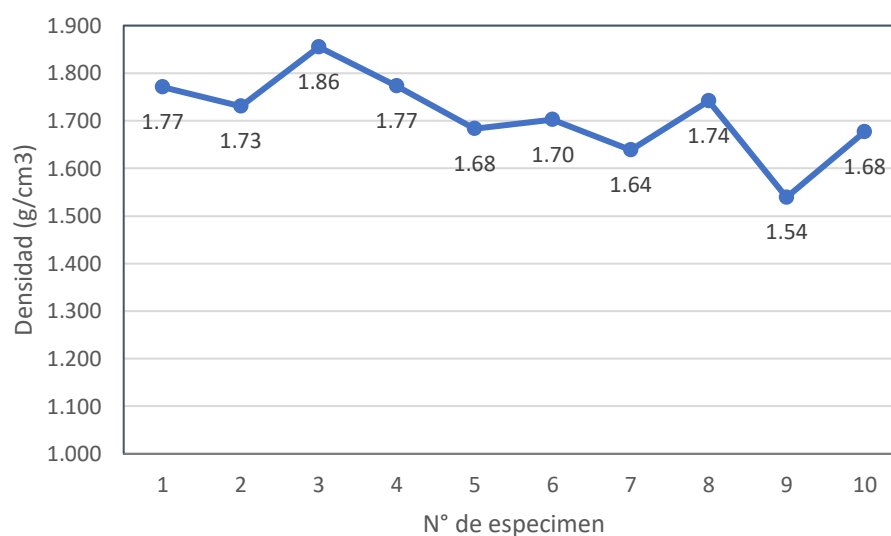
Espec.	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Vol. bruto (cm ³)	Vol. vacíos (cm ³)	Vol. neto (cm ³)	Peso seco (g)	Densidad (g/cm ³)
LA-2.1	18.925	11.403	7.554	1630.167	211.149	1419.018	2513.60	1.771
LA-2.2	18.562	11.116	7.282	1502.533	205.405	1297.128	2243.70	1.730
LA-2.3	18.585	11.304	7.384	1551.266	218.446	1332.820	2472.40	1.855
LA-2.4	18.496	11.293	7.270	1518.524	213.649	1304.875	2313.90	1.773
LA-2.5	18.596	11.261	7.405	1550.678	209.257	1341.421	2258.00	1.683
LA-2.6	18.717	11.321	7.258	1537.935	209.730	1328.205	2260.20	1.702
LA-2.7	18.802	11.378	7.308	1563.394	210.676	1352.718	2216.40	1.638
LA-2.8	18.434	11.201	7.228	1492.432	211.216	1281.216	2231.10	1.741

LA-2.9	18.992	11.530	7.590	1662.041	209.797	1452.244	2235.50	1.539
LA-2.10	18.764	11.311	7.393	1569.087	210.541	1358.546	2278.00	1.677
Media				1557.806	210.987	1346.819	2302.280	1.711
S				53.354	3.337	53.337	104.555	0.086
CV				3.425	1.582	3.960	4.541	5.019

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

Figura 12

Distribución según volumen neto y peso seco de ladrillos de la ladrillera 02



Nota. Figura obtenida mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.3.3 Resultados densidad ladrillera 03

Tabla 20

Largo, ancho, altura, volumen bruto, volumen neto, volumen de vacíos, peso seco y densidad de ladrillos de la ladrillera 03

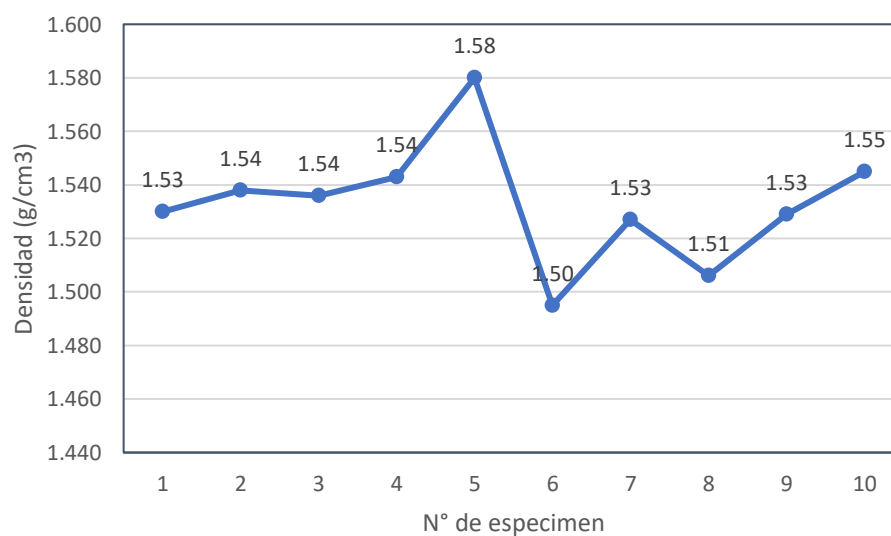
Espec.	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Vol. bruto (cm ³)	Vol. vacios (cm ³)	Vol. neto (cm ³)	Peso seco (g)	Densidad (g/cm ³)
--------	------------	------------	-------------	-------------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------	-------------------------------

LA-3.1	19.913	12.048	7.476	1793.581	224.324	1569.257	2401.30	1.530
LA-3.2	19.933	11.899	7.562	1793.576	244.054	1549.522	2383.80	1.538
LA-3.3	19.888	11.956	7.483	1779.315	229.730	1549.585	2380.90	1.536
LA-3.4	19.809	11.949	7.542	1785.174	245.676	1539.498	2375.40	1.543
LA-3.5	19.850	11.838	7.456	1752.043	231.284	1520.759	2403.30	1.580
LA-3.6	19.949	11.883	7.579	1796.632	223.851	1572.781	2350.80	1.495
LA-3.7	19.937	11.939	7.455	1774.423	224.595	1549.828	2366.90	1.527
LA-3.8	19.923	11.930	7.522	1787.764	225.608	1562.156	2352.40	1.506
LA-3.9	19.931	11.872	7.572	1791.693	222.838	1568.855	2398.50	1.529
LA-								
3.10	19.948	11.888	7.509	1780.698	224.932	1555.766	2403.10	1.545
Media				1783.490	229.689	1553.801	2381.640	1.533
S				13.170	8.430	15.803	20.188	0.023
CV				0.748	3.670	1.017	0.848	1.494

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

Figura 13

Distribución según densidad de ladrillos - ladrillera 03



Nota. Figura obtenida mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.3.4 Hipótesis densidad ladrilleras 01, 02 y 03

H₀: La densidad promedio de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 no cumplen con los requisitos mínimos de la Norma ITINTEC 331.017 Elementos de arcilla cocida de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu \leq 1.50 \text{ g/cm}^3$).

H₁: La densidad promedio de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 cumplen con los requisitos mínimos de la Norma ITINTEC 331.017 elementos de arcilla cocida de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu > 1.5 \text{ g/cm}^3$).

Tabla 21

Prueba de hipótesis densidad ladrilleras 01, 02 y 03

Ladrillera	Valores prueba de hipótesis				
	\bar{x}	S	t	gl	p – valor
Densidad (g/cm ³) LA 01	1.601	0.423	7.514	9	0.0000
Densidad (g/cm ³) LA 02	1.711	0.086	7.776	9	0.0000
Densidad (g/cm ³) LA 03	1.533	0.023	4.537	9	0.0007

Nota. La tabla muestra los estadígrafos obtenidos mediante el software SPSS.

Elaboración propia

Considerando los requisitos mínimos de la norma ITINTEC 331.017 Elementos de arcilla cocida de albañilería, acepta una densidad mínima de 1.5 g/cm^3 para unidades de albañilería, tomamos las siguientes decisiones en función a la Tabla 21:

- **Para LA 01:** Dado que $p = 0.000 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula por lo que concluimos que la densidad promedio de las unidades de albañilería de la ladrillera 01 es mayor a 1.5 g/cm^3 , cumpliendo con los requisitos mínimos de la norma ITINTEC 331.017 Elementos de arcilla cocida de albañilería.
- **Para LA 02:** Dado que $p = 0.0000 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula por lo que concluimos que la densidad promedio de las unidades de albañilería de la ladrillera 02 es mayor a 1.5 g/cm^3 , cumpliendo con los requisitos mínimos de la norma ITINTEC 331.017 Elementos de arcilla cocida de albañilería.
- **Para LA 03:** Dado que $p = 0.0007 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula por lo que concluimos que la densidad promedio de las unidades de albañilería de la ladrillera 03 es mayor a 1.5 g/cm^3 , cumpliendo con los requisitos mínimos de la norma ITINTEC 331.017 Elementos de arcilla cocida de albañilería.

5.3.5 *Discusión de resultados densidad ladrilleras 01, 02 y 03*

Determinar las propiedades físicas: densidad de los ladrillos artesanales de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023.

Considerando la norma ITINTEC 331.017 la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, acepta una densidad mínima 1.5 g/cm^3 para unidades de arcilla y sílico

calcáreas, tomamos las siguientes decisiones en función a la tabla 21. La siguiente tabla muestra los resultados resumidos del ensayo de densidad de las unidades de albañilería.

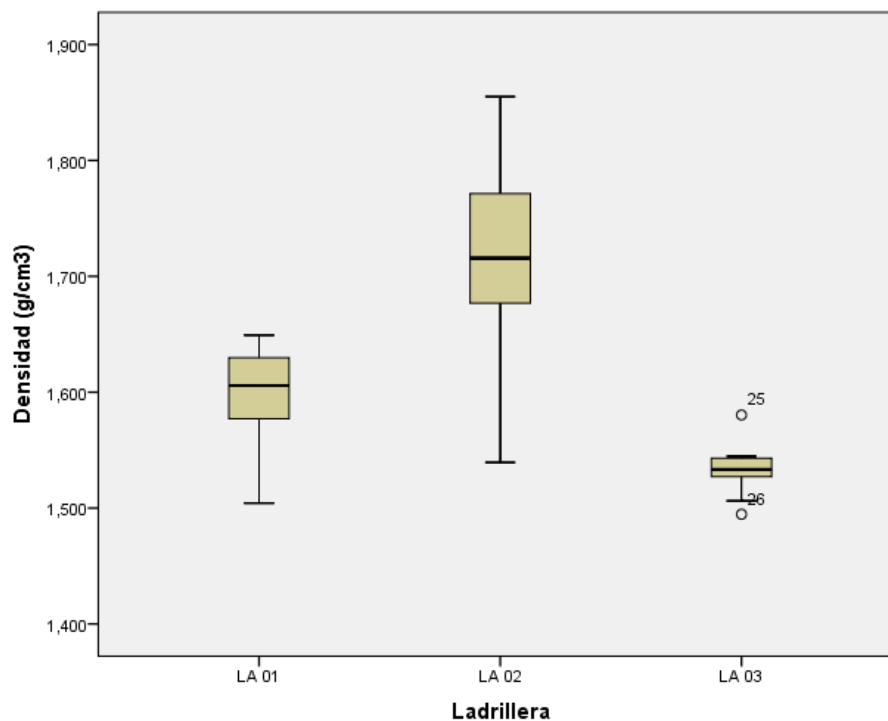
Tabla 22
Estadígrafos según densidad (gr/cm^3) y ladrillera

Ladrillera	Estadígrafo	Densidad
LA 01	Media	1.601
	S	0.043
LA 02	Media	1.711
	S	0.086
LA 03	Media	1.533
	S	0.023

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De la Tabla 22, observamos que, la densidad de las unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas, cumplen con el valor mínimo de aceptación ($1.5 \text{ g}/\text{cm}^3$) de la Norma ITINTEC 331.017 de albañilería, por lo cual las tres ladrilleras estarían aptas para el uso en construcciones de albañilería. Los resultados obtenidos son corroborados por la prueba de hipótesis al ensayo de densidad desarrollado en el acápite 5.3.4, donde se prueba la hipótesis todas ladrilleras tienen una densidad mayor a $1.5 \text{ g}/\text{cm}^3$, con un nivel de significancia de 1%. Este resultado es corroborado por (Hernández, 2019), en su trabajo de tesis, donde en una de sus conclusiones indica: la densidad de las unidades de albañilería varía de $1.58 \text{ g}/\text{cm}^3$ a $1.76 \text{ g}/\text{cm}^3$ (ver Figura 14).

Figura 14
Distribución según densidad ladrilleras (g/cm³)



Nota. Figura obtenida mediante el software SPSS. Elaboración propia

5.4 Resultados ensayos de absorción

Normatividad

Para la realización del ensayo de absorción, se aplicará el procedimiento especificado en la NTP 399.613, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

Equipos y materiales

- Balanza con capacidad superior a 3000 g y una aproximación de 0.5 g.
- Horno de secado

- Recipiente con agua para sumergir las unidades.
- Diez unidades por cada ladrillera

Procedimiento

- Identificación de las muestras, mediante la colocación de identificación a cada unidad.
- Las unidades fueron pesadas antes de ser introducidas al horno.
- Las unidades fueron introducidas al horno a una temperatura de 110° por 24 horas aproximadamente, a efectos que se encuentren completamente secas.
- Las unidades fueron pesadas después de ser extraídas del horno, después de un periodo de enfriamiento de una hora.
- Una vez pesadas, procedimos a sumergirlas en agua por un periodo de 24 horas aproximadamente.
- Las unidades fueron pesadas luego de ser extraídas del recipiente con agua, después de un periodo de escurrimiento de 20 minutos aproximadamente.

La absorción está dada en porcentaje, la cual es obtenida mediante la siguiente relación:

$$Abs = \left(\frac{P_{sat} - P_{sec}}{P_{sec}} \right) \times 100$$

Donde:

Abs : Absorción

P_{sec} : Peso seco

P_{sat} : Peso saturado

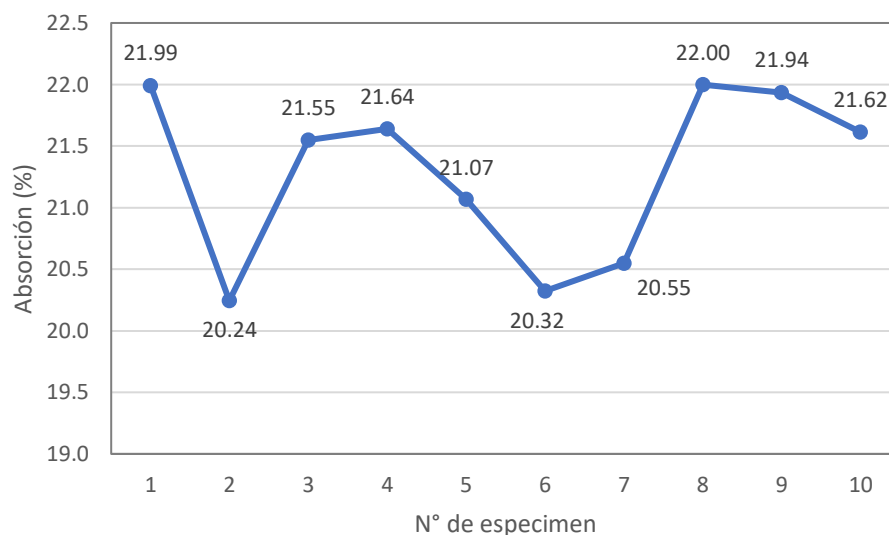
5.4.1 Resultados ensayos de absorción ladrillera 01

Tabla 23

Peso natural, seco, saturado y porcentaje de humedad de ladrillos de la ladrillera 01

Muestra	PESO (g)			Absorción (%)
	Natural	Seco	Sat (24h)	
LA-1.1	2330.5	2320.30	2830.60	21.993
LA-1.2	2317.3	2316.70	2785.70	20.244
LA-1.3	2267.5	2267.00	2755.50	21.548
LA-1.4	2326.6	2325.80	2829.10	21.640
LA-1.5	2306.4	2306.00	2791.80	21.067
LA-1.6	2330.2	2329.40	2802.80	20.323
LA-1.7	2235.5	2234.90	2694.10	20.547
LA-1.8	2311.5	2308.30	2816.10	21.999
LA-1.9	2325.7	2320.80	2829.90	21.936
LA-1.10	2355.1	2352.40	2860.90	21.616
\bar{x}	2310.630	2308.160	2799.650	21.291
S	34.650	33.608	47.280	0.694
CV	1.500	1.456	1.689	3.260

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

Figura 15*Absorción unidades de albañilería ladrillera 01*

Nota. Figura obtenida mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.4.2 Resultados ensayos de absorción ladrillera 02

Tabla 24

Peso natural, seco, saturad y porcentaje de absorción de ladrillos ladrillera 02

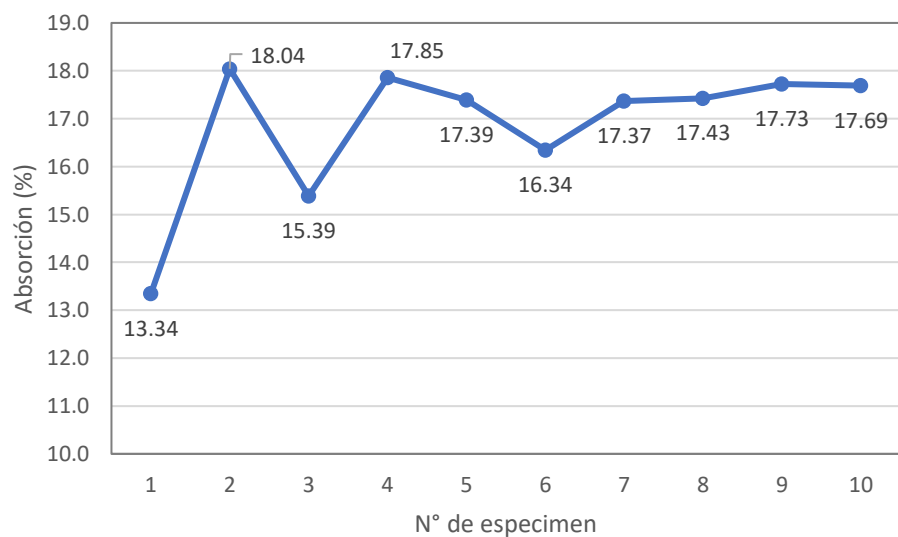
Muestra	PESO (g)			Absorción %
	Natural	Seco	Saturado (24h)	
LA-2.1	2514.5	2513.60	2849.00	13.343
LA-2.2	2246.2	2243.70	2648.50	18.042
LA-2.3	2478.4	2472.40	2852.90	15.390
LA-2.4	2316.4	2313.90	2727.00	17.853
LA-2.5	2259.9	2258.00	2650.70	17.391
LA-2.6	2260.8	2260.20	2629.50	16.339
LA-2.7	2226.9	2216.40	2601.30	17.366

LA-2.8	2233.6	2231.10	2619.90	17.426
LA-2.9	2242.5	2235.50	2631.80	17.728
LA-2.10	2279.7	2278.00	2680.90	17.687
\bar{x}	2305.890	2302.280	2689.150	16.856
S	103.960	104.555	92.110	1.471
CV	4.508	4.541	3.425	8.727

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

Figura 16

Absorción de unidades de albañilería ladrillera 02



Nota. Figura obtenida mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

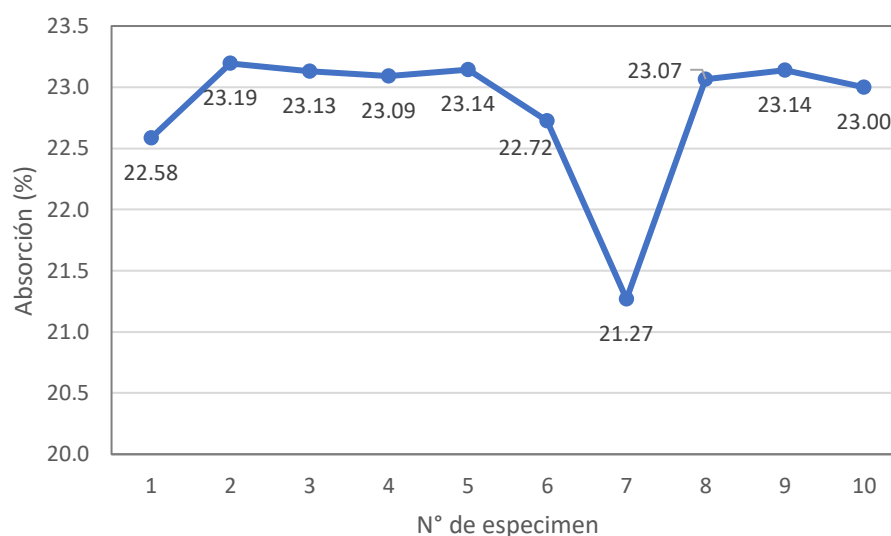
5.4.3 Resultados ensayos de absorción ladrillera 03

Tabla 25

Peso natural, seco, saturado y absorción de unidades de albañilería ladrillera 03

Muestra	PESO (g)			Absorción %
	Natural	Seco	Saturado (24h)	
LA-3.1	2402.9	2401.30	2943.60	22.584
LA-3.2	2387.2	2383.80	2936.70	23.194
LA-3.3	2386.8	2380.90	2931.60	23.130
LA-3.4	2382	2375.40	2923.90	23.091
LA-3.5	2407.4	2403.30	2959.50	23.143
LA-3.6	2353.2	2350.80	2885.00	22.724
LA-3.7	2367.7	2366.90	2870.30	21.268
LA-3.8	2355.7	2352.40	2895.00	23.066
LA-3.9	2400.6	2398.50	2953.50	23.139
LA-3.10	2406.1	2403.10	2955.80	22.999
\bar{x}	2170.580	2381.640	2925.490	22.834
S	679.271	20.188	31.567	0.585
CV	31.294	0.848	1.079	2.562

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

Figura 17*Absorción unidades de albañilería ladrillera 03*

Nota. Figura obtenida mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.4.4 Hipótesis ensayos de absorción

H₀: La absorción promedio de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu \geq 22\%$).

H₁: La absorción promedio de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu < 22\%$).

Tabla 26*Prueba de hipótesis absorción ladrilleras 01, 02 y 03*

Ladrillera	Valores prueba de hipótesis				
	\bar{x}	S	t	gl	p - valor
Absorción (%) LA 01	21.291	0.694	-3.227	9	0.0052
Absorción (%) LA 02	16.856	1.471	-11.056	9	0.0000
Absorción (%) LA 03	22.834	0.585	4.507	9	0.9993

Nota. La tabla muestra los estadígrafos obtenidos mediante el software SPSS.

Elaboración propia

Considerando la norma E.070 la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, acepta una absorción máxima de 22% para unidades de albañilería y sílico calcáreas, tomamos las siguientes decisiones en función a la Tabla 26:

- **Para LA 01:** Dado que $p = 0.0052 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula por lo que concluimos que la absorción promedio de las unidades de albañilería de la ladrillera 01 es menor al 22%, cumpliendo con la NTP E.070.
- **Para LA 02:** Dado que $p = 0.0001 < 0.01$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula por lo que concluimos que la absorción promedio de las unidades de albañilería de la ladrillera 02 es menor al 22%, cumpliendo con la NTP E.070.
- **Para LA 03:** Dado que $p = 0.9999 > 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la alterna por lo que concluimos que la absorción promedio de las unidades de albañilería de la ladrillera 03 es mayor al 22%, no cumpliendo con la NTP E.070.

5.4.5 *Discusión de resultados ensayos de absorción*

Determinar las propiedades físicas: absorción de los ladrillos artesanales de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023.

Considerando la norma E.070 la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, acepta una absorción máxima de 22% para unidades de albañilería y sílico calcáreas, tomamos las siguientes decisiones en función a la tabla 26. La siguiente tabla muestra los resultados resumidos del ensayo de absorción de las unidades de albañilería.

Tabla 27
Estadígrafos según absorción (%) y ladrillera

Ladrillera	Estadígrafo	Absorción
LA 01	Media	21.291
	S	0.694
LA 02	Media	16.856
	S	1.471
LA 03	Media	22.834
	S	0.585

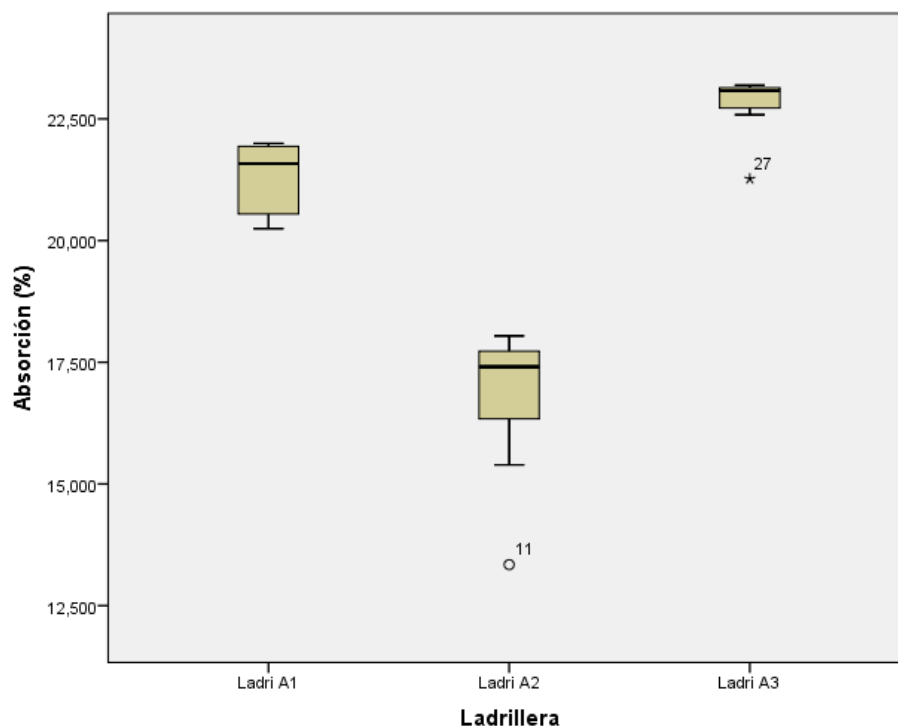
Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De la Tabla 27, observamos que:

La absorción de las unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas, cumplen con el valor máximo de aceptación (22%) de la Norma Técnica de Edificación NTE E.070 de albañilería, por lo cual estarían aptas para el uso en construcciones de albañilería, con excepción de la LA 03, la cual tiene una absorción promedio de 22.834% > 22%. Esto podría deberse al uso de mano de obra no calificada en la fabricación de los ladrillos artesanales (Ver Figura 18). Los resultados obtenidos son corroborados por la prueba de hipótesis al ensayo de absorción en el

acápite 5.4.4, donde se prueba la hipótesis dos ladrilleras tienen una absorción menor a 22%, con un nivel de significancia de 1%. Este resultado es corroborado por (Ávalos, 2019), en su trabajo de tesis, donde en una de sus conclusiones indica: “El ensayo de absorción se cumple solo en tres ladrilleras como son: Chapacuate con 15.49%, Andahuaylas con 19.30% y Teodoro Herrera con 14.61%, con la norma E.070 de no sobre pasar el 22%. Sin embargo, la ladrillera Agurio Gallardo tiene una absorción de 23.50% lo cual indica que su capacidad de absorción es alta debido a que presenta mayor área de porosidad en su composición”.

Figura 18
Absorción, según ladrilleras (%)



Nota. Figura obtenida mediante el software SPSS. Elaboración propia

5.5 Resultados ensayo de resistencia a la compresión

Normatividad

Para la realización del ensayo de resistencia a la compresión, se aplicará el procedimiento especificado en la NTP 399.613, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

Equipos y materiales

- Equipo de compresión uniaxial marca PINZUAR.
- Placas de acero.
- Balanza de precisión.
- Regla metálica y nivel.
- Yeso, cemento y arena.
- Diez unidades por ladrillera.

Procedimiento

- Identificación de las muestras, mediante la colocación de identificación a cada unidad.
- Secado de unidades de albañilería en el horno eléctrico digital PINZUAR a una temperatura aproximada de 110° durante 24 horas.
- Enfriamiento de unidades por 4 horas aproximadamente.
- Refrendado de las unidades de albañilería, debido a que presentaban irregularidades en las caras de contactos (2:1 yeso 1 de cemento).

- Limpiado y medida de las dimensiones de las unidades de albañilería (largo, ancho y altura).
- Se programó el equipo de compresión uniaxial, luego fueron acondicionadas las unidades de albañilería para su rotura correspondiente, registrando los datos correspondientes (Se aplicó una fuerza a una velocidad constante < 1.5 kgf/s).
- La resistencia a la compresión, es obtenida mediante la siguiente relación:

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

Donde:

f_b : Resistencia a la compresión (kgf/cm² y MPa)

W : Carga máxima en kgf indicada por la máquina de compresión uniaxial

A : Área bruta promedio de las superficies de contacto (cm²).

5.5.1 Resultados ensayo de resistencia a la compresión Ladrillera 01

Tabla 28

Distribución según largo, ancho, altura promedio, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión ladrillera 01

Especimen	Dimensiones (cm)			Área bruta (cm ²)	Carga Max. Aplic. (kgf)	Resistencia a la Comp.	
	LP	AP	HP			kg/cm ²	Mpa
LA-1.1	19.216	11.803	7.260	226.806	5833	25.718	2.522
LA-1.2	19.004	11.636	7.567	221.125	6474	29.278	2.871
LA-1.3	19.287	11.813	7.588	227.822	7781	34.154	3.349
LA-1.4	19.163	11.707	7.359	224.341	8735	38.936	3.818
LA-1.5	19.088	11.555	7.663	220.556	5720	25.934	2.543
LA-1.6	19.080	11.795	7.324	225.049	7344	32.633	3.200
LA-1.7	18.980	11.575	7.340	219.678	6303	28.692	2.814
LA-1.8	18.960	11.472	7.467	217.500	7559	34.754	3.408

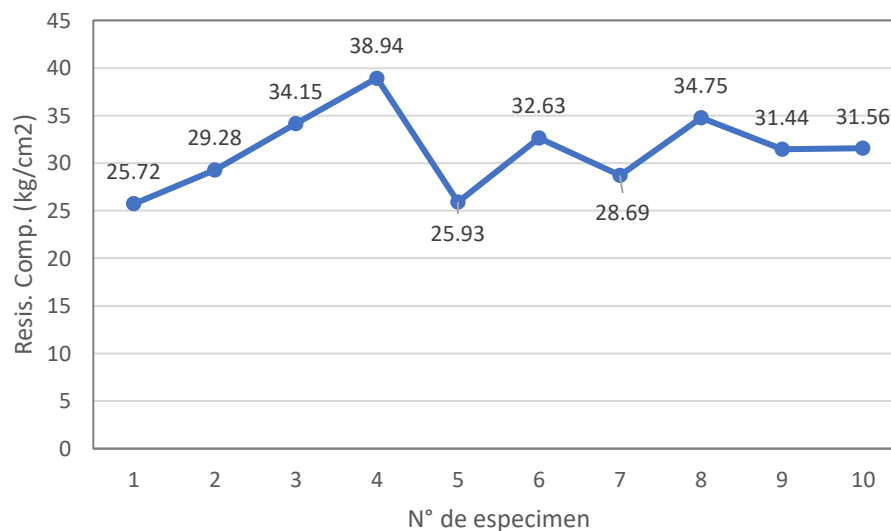
LA-1.9	19.260	11.654	7.570	224.446	7057	31.442	3.083
LA-1.10	19.199	11.547	7.668	221.681	6997	31.563	3.095
Media1	19.124	11.655	7.481	222.900	6980.30	31.310	3.070
S	0.118	0.121	0.150	3.304	931.734	4.097	0.402
CV	0.006	0.010	0.020	0.015	0.133	0.131	0.131

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 28, observamos que las unidades de albañilería de la ladrillera 01 tienen un área promedio de 222.9 cm² y soportan en promedio una carga máxima 6980.3 kgf lo que representa una carga promedio de 31.31 kg/cm² (con una desviación estándar de 4.097 kg/cm² (ver Figura 19).

Figura 19

Resistencia a la compresión unidades de albañilería ladrillera 01



Nota. Figura obtenida mediante el software Microsoft Excel. Elaboración propia

5.5.2 Resultados resistencia a la compresión ladrillera 02

Tabla 29

Distribución según largo, ancho, altura promedio, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión ladrillera 02

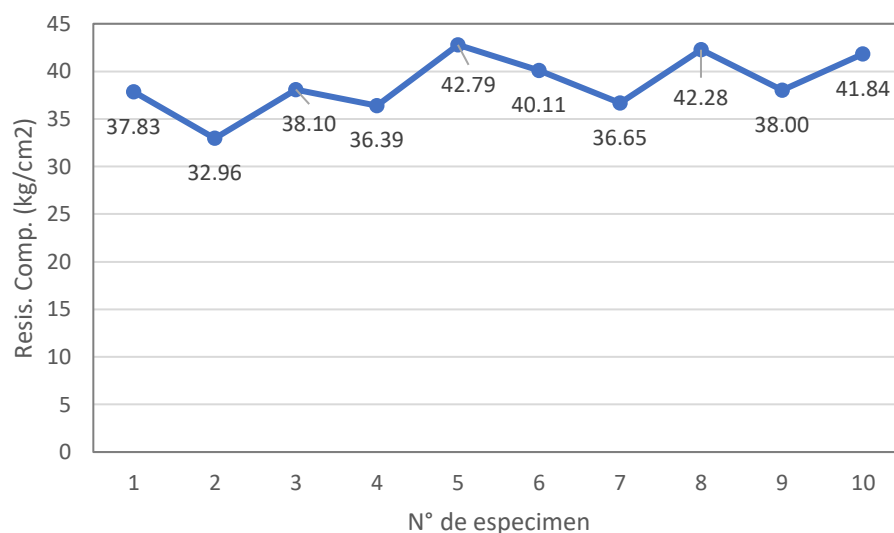
Espécimen	Dimensiones (cm)			Área bruta (cm ²)	Carga Max. Aplic. (kgf)	Resistencia a la Comp.	
	LP	AP	HP			kg/cm ²	Mpa
LA-2.1	18.925	11.403	7.554	215.802	8164	37.831	3.710
LA-2.2	18.562	11.116	7.282	206.335	6800	32.956	3.232
LA-2.3	18.585	11.304	7.384	210.085	8004	38.099	3.736
LA-2.4	18.496	11.293	7.270	208.875	7600	36.385	3.568
LA-2.5	18.596	11.261	7.405	209.410	8960	42.787	4.196
LA-2.6	18.717	11.321	7.258	211.895	8498	40.105	3.933
LA-2.7	18.802	11.378	7.308	213.929	7841	36.652	3.594
LA-2.8	18.434	11.201	7.228	206.479	8729	42.275	4.146
LA-2.9	18.992	11.530	7.590	218.978	8321	37.999	3.726
LA-2.10	18.764	11.311	7.393	212.240	8880	41.84	4.103
\bar{x}	18.687	11.312	7.367	211.403	8179.70	38.693	3.794
S	0.184	0.113	0.124	4.029	658.935	3.082	0.302
CV	0.010	0.010	0.017	0.019	0.081	0.080	0.080

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 29, observamos que las unidades de albañilería de la ladrillera 02 tienen un área bruta promedio de 211.403 cm² y soportan en promedio una carga máxima 8179.70 kgf lo que representa una carga promedio de 38.693 kg/cm² con una desviación estándar de 3.082 kg/cm² (ver Figura 20).

Figura 20

Resistencia a la compresión unidades de albañilería - ladrillera 02



Nota. Figura obtenida mediante el software Microsoft Excel. Elaboración propia

5.5.3 Resultados resistencia a la compresión ladrillera 03

Tabla 30

Distribución según largo, ancho, altura promedio, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión ladrillera 03

n	Dimensiones (cm)			Área bruta (cm ²)	Carga Max. Aplic. (kgf)	Resistencia a la Comp.	
	LP	AP	HP			kg/cm ²	Mpa
LA-3.1	19.913	12.048	7.476	239.912	6725	28.031	2.749
LA-3.2	19.933	11.899	7.562	237.183	7549	31.828	3.121
LA-3.3	19.888	11.956	7.483	237.781	7756	32.618	3.199
LA-3.4	19.809	11.949	7.542	236.698	6812	28.779	2.822
LA-3.5	19.850	11.838	7.456	234.984	7969	33.913	3.326
LA-3.6	19.949	11.883	7.579	237.054	7545	31.828	3.121

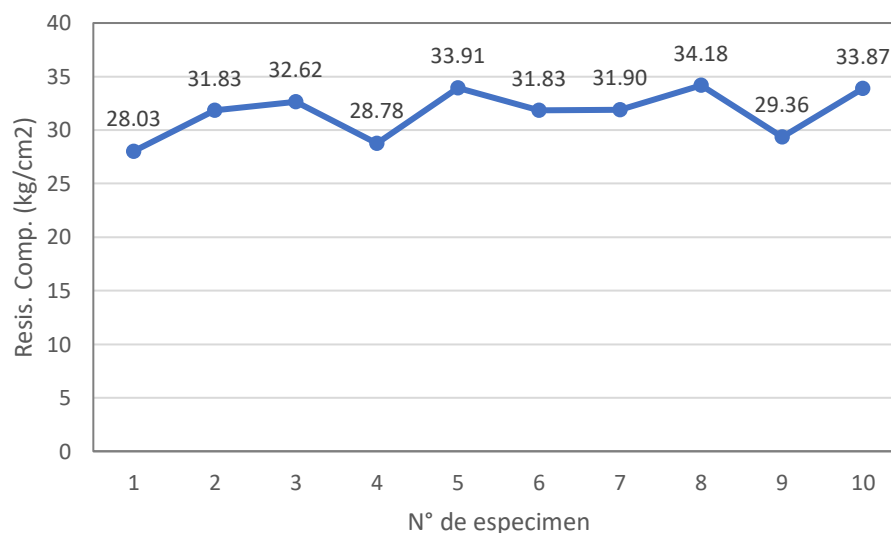
LA-3.7	19.937	11.939	7.455	238.028	7594	31.904	3.129
LA-3.8	19.923	11.930	7.520	237.681	8124	34.18	3.352
LA-3.9	19.931	11.872	7.572	236.621	6948	29.363	2.880
LA-3.10	19.948	11.888	7.509	237.142	8032	33.87	3.322
Media 3	19.908	11.920	7.515	237.308	7505.40	31.631	3.102
S	0.046	0.059	0.047	1.248	510.940	2.213	0.217
CV	0.002	0.005	0.006	0.005	0.068	0.070	0.070

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia.

De acuerdo a la Tabla 30, observamos que las unidades de albañilería de la ladrillera 03 tienen un área bruta promedio de 237.308 cm² y soportan en promedio una carga máxima 7505.40 kgf lo que representa una carga promedio de 31.631 kg/cm² con una desviación estándar de 2.213 kg/cm² (ver figura 21).

Figura 21

Resistencia a la compresión de unidades de albañilería ladrillera 03



Nota. Figura obtenida mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.5.4 *Hipótesis resistencia a la compresión*

H_0 : La resistencia a la compresión de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu \leq 50 \text{ kg/cm}^2$).

H_1 : La resistencia a la compresión de las unidades de albañilería elaboradas con arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu > 50 \text{ kg/cm}^2$).

Tabla 31

Prueba de hipótesis resistencia a la compresión ladrilleras 01, 02 y 03

Ladrillera	Valores prueba de hipótesis				
	\bar{x}	S	t	Gl	p - valor
Res. Com. (kg/cm ²) LA 01	31.309	4.097	-14.425	9	0.9999
Res. Com. (kg/cm ²) LA 02	38.693	3.082	-11.603	9	0.9999
Res. Com. (kg/cm ²) LA 02	31.632	2.213	-26.247	9	0.9999

Nota. La tabla muestra los estadígrafos obtenidos mediante el software SPSS.

Elaboración propia.

Considerando la Norma Técnica E.070 la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, acepta una resistencia a la compresión mínima de 50 kg/cm^2 para ladrillos tipo I, tomamos las siguientes decisiones en función a la Tabla 31:

Para LA 01: Dado que $p = 0.9999 > 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la alterna por lo que concluimos que la resistencia promedio a la compresión de las unidades de albañilería de la LA 01 es menor a 50 kg/cm^2 , no cumpliendo con la Norma Técnica E.070.

Para LA 02: Dado que $p = 0.9999 > 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la alterna por lo que concluimos que la resistencia promedio a la compresión de las unidades de albañilería de la LA 02 es menor a 50 kg/cm^2 , no cumpliendo con la Norma Técnica E.070.

Para LA 03: Dado que $p = 0.9999 > 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alterna por lo que concluimos que la resistencia promedio a la compresión de las unidades de albañilería de la LA 03 es menor a 50 kg/cm^2 , no cumpliendo con la Norma Técnica E.070.

5.5.5 Discusión de resultados de resistencia a la compresión

Discusión de resultados objetivo específico 2

Determinar las propiedades mecánicas: resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023.

De acuerdo a la Norma Técnica E.070, indica que la resistencia a la compresión mínima es de 50 kg/cm² (4.9 Mpa) para ladrillos de tipo I. La siguiente tabla muestra los resultados resumidos del ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.

Tabla 32

Estadígrafos según resistencia a la compresión (kg/cm²) y ladrillera

Lad.	Estad.	Resistencia a la Comp.	
		kg/cm ²	Mpa
LA 01	\bar{x}	31.310	3.070
	S	4.097	0.402
LA 02	\bar{x}	38.693	3.794
	S	3.082	0.302
LA 03	\bar{x}	31.631	3.102
	S	2.213	0.217
NTE E.070		50	4.9

Nota. Elaboración propia y adaptado de la NTE 0.70.

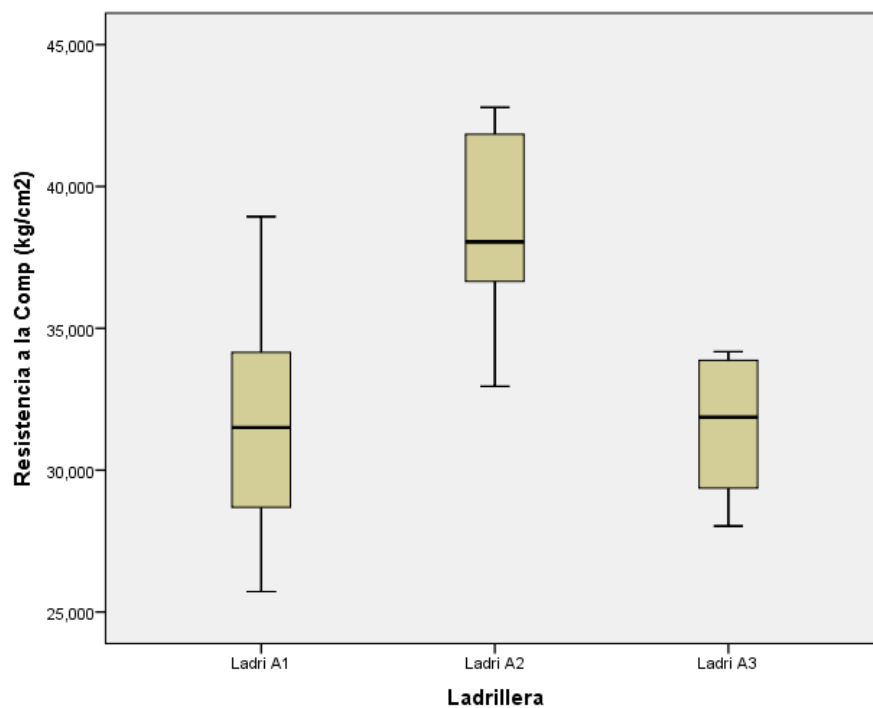
De acuerdo a la Tabla 32, observamos que:

La resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas, no cumplen con el valor mínimo de aceptación (50 kg/cm²) de la Norma Técnica E.070 de albañilería, por lo cual no están aptas para el uso en construcciones de albañilería. Esto podría deberse al uso de mano de obra no calificada en la fabricación de los ladrillos artesanales (Figura 22). Los resultados obtenidos son corroborados por la prueba de hipótesis a la resistencia a la compresión en el acápite 5.5.4, donde se prueba la hipótesis todas las ladrilleras tienen una resistencia a la compresión menor a 50 kg/cm², con un nivel de significancia de 1%. También es corroborado con el resultado obtenido por (Padilla, 2022), que indica, la mayoría de Ladrilleras del Distrito de la Unión, Provincia y Departamento de Piura 2021, no cumplen con

la Norma Técnica E.070; así mismo este resultado es corroborado por (Lulichac, 2015), en su trabajo de tesis, donde en una de sus conclusiones indica: “Ninguna de las ladrilleras en estudio alcanzan a la mínima resistencia que exige la norma E.070 que es de 50 kg/cm² para un ladrillo Tipo I...”.

Figura 22

Resistencia a la compresión, según ladrilleras 01, 02 y 03 (kg/cm²)



Nota. Figura obtenida mediante el software SPSS. Elaboración propia

5.6 Resultados ensayo de resistencia a la compresión de pilas

Normatividad

Para la realización del ensayo de resistencia a la compresión axial de pilas, se aplicará el procedimiento especificado en la NTP 399.605, Unidades de Albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.

Equipos y materiales

- Equipo de compresión uniaxial marca PINZUAR.
- Placas de acero.
- Regla metálica y nivel.
- Yeso, cemento, agua y arena.
- Cinco pilas de 3 ladrillos artesanales.

Procedimiento

- Identificación de las pilas, mediante la colocación de identificación a cada unidad.
- Limpiado y construcción de las pilas de albañilería.
- Medida de las dimensiones de las pilas de unidades de albañilería (largo, ancho y altura).
- Refrendado de las unidades de albañilería, debido a que presentaban irregularidades en las caras de contactos (2:1 de yeso 1 de cemento).
- Se programó el equipo de compresión uniaxial, luego fueron acondicionadas las unidades de albañilería para su rotura correspondiente, registrando los datos correspondientes (1.5 kgf/s).

- Se determina la esbeltez de la pila, por medio de:

$$E = \frac{h_p}{t_p} : \text{Esbeltez (} h_p: \text{Alto de la pila; } t_p: \text{ancho de la pila)}$$

- La resistencia a la compresión, es obtenida mediante la siguiente relación:

$$f_b = \frac{W}{A} F_{CE}$$

Donde:

f_b : Resistencia a la compresión (kgf/cm²)

W : Carga máxima en kgf indicada por la máquina de compresión uniaxial

A : Área bruta promedio de la superficie de contacto (cm²).

F_{CE} : Factor de corrección por esbeltez (obtenido mediante interpolación)

Tabla 33

Coefficientes o factores de corrección f'_m por esbeltez para el ensayo de resistencia a la compresión axial de pilas

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Nota. Adaptado de la NT E.070, para la interpolación de factores de corrección.

5.6.1 Resultados ensayo de resistencia a la compresión de pilas ladrillera 01

Tabla 34

Distribución según largo, ancho, altura promedio de pilas, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión de pilas ladrillera 01

Pila	Dimensiones (cm)			Área bruta (cm ²)	Esbeltez (h/t)	Correc. por esbeltez	Carga Máxima (kgf)	Res. a la Comp.	
	Largo (L)	Ancho (t)	Altura (h)					kg/cm ²	Mpa
P1 LA 01	19.21	11.782	24.8	226.33	2.1	0.74	4197	13.72	1.35
P2 LA 01	19.015	11.681	25.7	222.11	2.2	0.76	5861	20.05	1.97
P3 LA 01	19.225	11.794	25.8	226.74	2.19	0.76	4989	16.72	1.64
P4 LA 01	19.181	11.634	25.1	223.15	2.16	0.76	5698	19.41	1.9
P5 LA 01	19.119	11.615	26	222.07	2.24	0.76	4874	16.68	1.64
\bar{x}							5123.8	17.316	1.7
S							673.18	2.53	0.25
f_m								14.786	

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 34, observamos que las pilas elaboradas con las unidades de albañilería de la ladrillera 01 soportan una carga máxima promedio de 5123.8 kgf, lo que representa una resistencia a la compresión axial promedio de 14.786 kg/cm² con una desviación estándar de 2.53 kg/cm², obteniéndose una resistencia característica a la compresión axial promedio de: $f'_m = 14.786$ kg/cm².

5.6.2 Resultados ensayo de resistencia a la compresión de pilas ladrillera 02

Tabla 35

Distribución según largo, ancho, altura promedio de pilas, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión de pilas ladrillera 02

Pila	Dimensiones (cm)			Esbeltez (h/t)	Correc. por esbeltez	Carga Máx. (kgf)	Res. a la Comp.		
	Largo (L)	Ancho (t)	Altura (h)				kg/cm ²	Mpa	
P1 LA 02	18.896	11.436	25.7	216.09	2.25	0.76	6100	21.45	2.1
P2 LA 02	18.577	11.103	24.8	206.26	2.23	0.76	4747	17.49	1.72
P3 LA 02	18.568	11.316	25.2	210.12	2.23	0.76	5682	20.55	2.02
P4 LA 02	18.545	11.261	24.8	208.84	2.2	0.76	5238	19.06	1.87
P5 LA 02	18.605	11.281	25.2	209.88	2.23	0.76	5945	21.53	2.11
\bar{x}							5542.4	20.016	1.964
S							551.77	1.73	0.17
f_m								18.286	

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De la Tabla 35, observamos que las pilas elaboradas con las unidades de albañilería de la ladrillera 02 soportan una carga máxima promedio de 5542.4 kgf, lo que representa una resistencia a la compresión axial promedio de 20.016 kg/cm² con una desviación estándar de 1.964 kg/cm², obteniéndose una resistencia característica a la compresión axial promedio de $f'_m = 18.286$ kg/cm².

5.6.3 Resultados ensayos de resistencia a la compresión de pilas ladrillera 03

Tabla 36

Distribución según largo, ancho, altura promedio de pilas, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión de pilas ladrillera 03

Pila	Dimensiones (cm)			Área bruta (cm ²)	Esbeltez (h/t)	Factor Cor. por esbeltez	Carga Máx. (kgf)	kg/cm ²
	Largo (L)	Ancho (t)	Altura (h)					
P1 LA 03	19.964	12.065	25.4	240.87	2.11	0.74	4516	13.87
P2 LA 03	19.875	11.881	25.7	236.13	2.16	0.76	5196	16.72
P3 LA 03	19.837	11.981	25.4	237.67	2.12	0.74	5360	16.69
P4 LA 03	19.835	11.976	25.6	237.54	2.14	0.74	4466	13.91
P5 LA 03	19.876	11.748	25.4	233.5	2.16	0.76	3680	11.98
\bar{x}							4643.6	14.634
S							669.84	2.05
f_m								12.584

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 36, observamos que las pilas elaboradas con las unidades de albañilería de la ladrillera 03 soportan una carga máxima promedio de 4643.6 kgf, lo que representa una resistencia a la compresión promedio de 14.634 kg/cm² con una desviación estándar de 2.05 kg/cm², obteniéndose una resistencia característica a la compresión axial promedio de: $f'_m = 12.584$ kg/cm².

5.6.4 Hipótesis ensayos resistencia a la compresión de pilas

H₀: La resistencia a la compresión axial de pilas elaboradas con unidades de albañilería de arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 no cumplen con la Norma Técnica

E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu \leq 35 \text{ kg/cm}^2$).

H₁: La resistencia a la compresión axial de pilas elaboradas con unidades de albañilería de arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu > 35 \text{ kg/cm}^2$).

Tabla 37

Prueba de hipótesis resistencia a la compresión axial de pilas de ladrilleras 01, 02 y 03

Ladrillera	Valores prueba de hipótesis				
	\bar{x}	S	t	Gl	p - valor
RCA (kg/cm ²) LA 01	17.316	2.527	-15.646	4	0.9999
RCA (kg/cm ²) LA 02	20.016	1.727	-19.402	4	0.9999
RCA (kg/cm ²) LA 03	14.634	2.045	-22.267	4	0.9999

Nota. La tabla muestra los estadígrafos obtenidos mediante el software SPSS.

Elaboración propia

Considerando la Norma E.070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones, la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, acepta una resistencia a la compresión axial mínima de 35 kg/cm² para ladrillos tipo I, tomamos las siguientes decisiones en función a la Tabla 37:

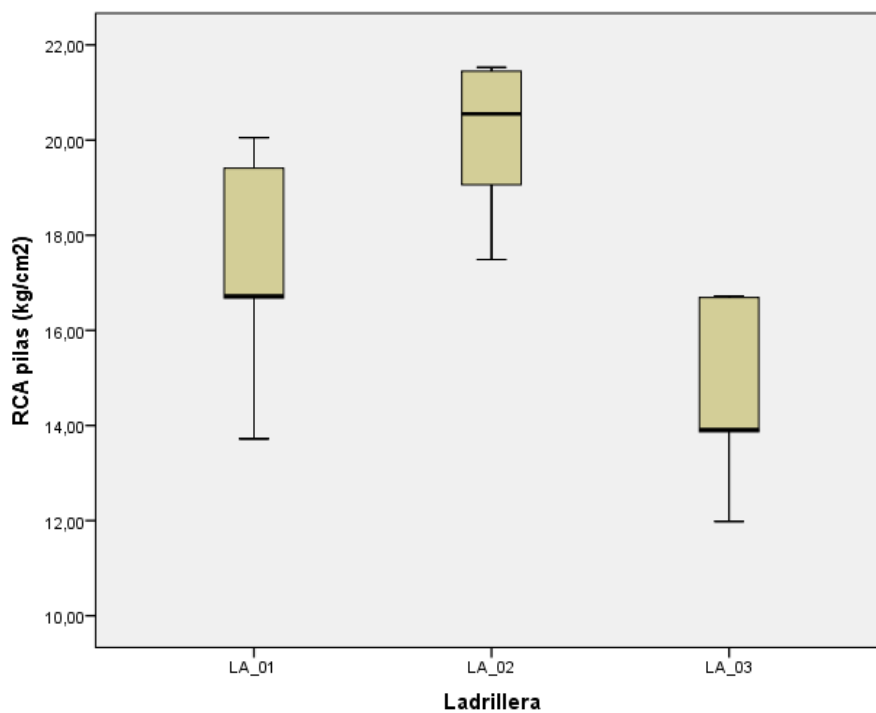
Para LA 01: Dado que $p = 0.9999 > \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la alterna por lo que concluimos que la resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería de la ladrillera 01 es menor a 35 kg/cm², no cumpliendo con la NTP E.070.

Para LA 02: Dado que $p = 0.9999 > \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la alterna por lo que concluimos que la resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería de la ladrillera 02 es menor a 35 kg/cm^2 , no cumpliendo con la NTP E.070.

Para LA 03: Dado que $p = 0.9999 > \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alterna por lo que concluimos que la resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería de la ladrillera 03 es menor a 35 kg/cm^2 , no cumpliendo con la NTP E.070.

Figura 23

Resistencia a la compresión axial pilas, según ladrilleras (kg/cm^2)



Nota. Figura obtenida mediante el software SPSS. Elaboración propia

5.6.5 *Discusión de resultados ensayos resistencia a la compresión de pilas*

Determinar las propiedades la resistencia a la compresión axial de pilas de ladrillos artesanales de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023.

De acuerdo a la norma Técnica de Edificaciones E.070, indica que la resistencia a la compresión axial mínima de pilas es de 35 kg/cm² para ladrillos de tipo I. La siguiente tabla muestra los resultados resumidos del ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.

Tabla 38

Estadígrafos según resistencia a la compresión axial de pilas (kg/cm²) y ladrillera

Lad.	Estad.	Resistencia a la Comp.	
		Kg/cm ²	Mpa
LA 01	\bar{x}	17.316	3.070
	S	2.527	0.402
LA 02	\bar{x}	20.016	3.794
	S	1.727	0.302
LA 03	\bar{x}	14.634	3.102
	S	2.045	0.217
NTE E.070		35	4.9

Nota. Elaboración propia y adaptado de la NTE 0.70

De acuerdo a la Tabla 38, observamos que:

La resistencia a la compresión axial de pilas de las ladrilleras analizadas, no cumplen con el valor mínimo de aceptación (35 kg/cm²) de la Norma Técnica de Edificación E.070 de albañilería, por lo cual no están aptas para el uso en construcciones de albañilería. Esto podría

deberse al uso de mano de obra no calificada en la fabricación de los ladrillos artesanales (Figura 23). Los resultados obtenidos son corroborados por la prueba de hipótesis a la resistencia a la compresión en el acápite 5.6.4, donde se prueba la hipótesis de que las pilas de todas las ladrilleras tienen una resistencia a la compresión axial menor a 35 kg/cm^2 , con un nivel de significancia de 1%. También es corroborado con el resultado obtenido por (Ccama y Mamani, 2023), que indica, la capacidad de resistencia característica a compresión axial en pilas de albañilería de arcilla es de $f_m = 27.95 \text{ kg/cm}^2$ (2,74 Mpa), llegando a no cumplir con los requisitos mínimos de resistencia de la norma NTE E.070; así mismo este resultado es corroborado por (Lulichac, 2015), en su trabajo de tesis, donde en una de sus conclusiones indica: “Ninguna de las ladrilleras en estudio alcanzan a la mínima resistencia que exige la norma E.070 que es de 50 kg/cm^2 para un ladrillo Tipo I...”.

5.7 Resultados ensayos resistencia a la compresión diagonal y módulo de corte de muretes

Normatividad

La realización del ensayo de resistencia a la compresión diagonal, fue hecho aplicando el procedimiento especificado en la NTP 399.621, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.

Equipos y materiales

- Prensa hidráulica de 60 toneladas de capacidad.
- Escuadras de carga de acero
- Wincha metálica.
- Camping para refrendar. (Cemento, agua y arena).

- Regla metálica de precisión 1 mm.
- Muretes de ladrillos artesanales (0.65 m de lado aproximadamente).

Procedimiento

- Previo al asentado de las unidades, se limpiaron, para posteriormente proceder con la construcción de muretes de unidades de albañilería de 0.65 m de lado aproximadamente (Laboratorio H&H Ingenieros).
- Identificación de los muretes, mediante la colocación de identificación a cada murete.
- Medida de las dimensiones de los muretes de unidades de albañilería (largo, profundidad y altura).
- Se programó el equipo de compresión uniaxial, luego fueron acondicionadas los muretes para su rotura correspondiente, registrando los datos correspondientes (Una velocidad menor a 1.5 kgf/s).
- La resistencia a la compresión diagonal, es obtenida mediante la siguiente relación:

$$V'_m = \frac{0.707 \times W}{A_b}$$

Donde:

- v'_m : Esfuerzo cortante sobre el área bruta del murete (kgf/cm²)
 W : Carga máxima en kgf indicada por la máquina de compresión uniaxial
 A_b : Área bruta del murete (cm²).

$$A_b = \left(\frac{L+h}{2}\right) t$$

- L : largo del murete (cm)
 h : Alto del murete (cm)
 t : Espesor del murete (cm)

5.7.1 Resultados ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 01

Tabla 39

Distribución según largo, ancho, altura de muretes, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 01

Muestra	Dimensiones (cm)			Área bruta (cm ²)	Carga Máx.(kgf)	Res. Individual (kgf/cm ²)
	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (h)			
M LA 1.1	61.50	11.60	61.55	713.69	5981	5.92
M LA 1.2	61.80	11.60	62.55	721.23	6573	6.44
M LA 1.3	62.45	11.65	61.65	722.88	6672	6.53
\bar{x}				719.27	6408.67	6.30
S				4.90	373.66	0.33
V'_m						5.97

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De la Tabla 39, observamos que los muretes elaborados con las unidades de albañilería de la ladrillera 01 soportan una carga máxima promedio de 6408.67 kgf, lo que representa una resistencia a la compresión diagonal promedio de 6.30 kgf/cm² con una desviación estándar de 0.33 kgf/cm², obteniéndose una resistencia característica a la compresión diagonal promedio de: $v'_m = 5.97$ kgf/cm².

Módulo de corte en muretes ladrillera 01

Tabla 40

Distribución según carga, deformación horizontal y vertical muretes ladrillera 01

M LA 1.1			M LA 1.2			M LA 1.3		
DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.12	0	147	0	0	127	0	0	245

0.22	0	383	0.27	0	402	0	0	521
0.38	0	560	0.44	0	639	0.21	0	855
0.54	0	894	0.64	0	973	0.25	0	953
0.64	0.01	1013	0.76	0.01	1209	0.3	0	1032
0.85	0.01	1406	0.95	0.01	1603	0.52	0.01	1268
0.98	0.03	1839	1.11	0.03	1899	0.6	0.01	1406
1.11	0.03	2332	1.33	0.03	2470	0.63	0.02	1603
1.36	0.03	2746	1.45	0.03	2687	0.89	0.03	1899
1.58	0.04	3179	1.6	0.04	2982	0.9	0.03	2096
1.73	0.04	2746	1.72	0.04	3376	0.91	0.04	2233
1.79	0.05	3613	1.84	0.05	3712	1.42	0.05	2627
1.87	0.05	3909	1.91	0.05	4007	1.44	0.05	2805
1.91	0.05	4323	1.91	0.05	4283	1.55	0.06	2884
1.92	0.06	4717	1.91	0.06	4579	1.68	0.07	3140
1.92	0.06	4895	1.92	0.06	4934	1.72	0.07	3554
1.93	0.07	5073	1.93	0.07	5033	1.76	0.08	4106
1.93	0.08	5309	1.93	0.08	5487	1.82	0.08	4934
1.94	0.09	5092	1.93	0.09	5783	1.85	0.09	5369
1.94	0.09	5467	1.93	0.09	6178	1.89	0.09	5606
1.95	0.11	5586	1.94	0.11	6573	1.92	0.09	6672
1.95	0.1	5625						
1.96	0.12	5763						
1.96	0.12	5902						
1.96	0.13	5981						

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

Tabla 41

Distribución según esfuerzo cortante, módulo de corte de muretes ladrillera artesanal 01

N°	Area (cm ²)	Def.	Lectura Ins. (mm)	Carga max (kg)	Carga (kg)		Desp. (mm)		Esf. Cor. (Δt) (kg/cm ²)	ΔV-H (mm/mm)	Defor. Angular (γ) (mm/mm)	Gm (kg/cm ²)
					P _{20%}	P _{60%}	D _{20%}	D _{60%}				
M1.1	713.69	v	79.5	5981	1196.20	3588.60	0.762	1.639	3.352	0.011031	0.011475	292.12
		h	72.1				0.013	0.045		0.000444		
M1.2	719.49	v	79.7	6573	1314.60	3943.80	0.842	1.85	3.654	0.012647	0.013187	277.11
		h	68.6				0.019	0.056		0.000539		
M1.3	722.88	v	80.8	6672	1334.40	4003.20	0.695	1.617	3.692	0.011411	0.012041	306.61
		h	71.4				0.023	0.068		0.00063		
Media												291.95

S	14.75
G' _m	277.2

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.7.2 Resultados ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 02

Tabla 42

Distribución según largo, ancho, altura de muretes, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 02

Muestra	Dimensiones (cm)			Área bruta (cm ²)	Carga Máx.(kgf)	Res. Individual (kgf/cm ²)
	Largo	Ancho	Alto			
M LA 2.1	60.80	11.50	62.00	706.10	5428	5.43
M LA 2.2	61.20	11.25	61.40	689.63	5665	5.81
M LA 2.3	62.05	11.25	62.50	700.59	4994	5.04
\bar{x}				698.77	5362.33	5.43
S				8.38	340.29	0.39
v'_m						5.04

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 42, observamos que los muretes elaborados con las unidades de albañilería de la ladrillera 02 soportan una carga máxima promedio de 5362.33 kgf, lo que representa una resistencia a la compresión diagonal promedio de 5.05 kgf/cm² con una desviación estándar de 0.39 kgf/cm², obteniéndose una resistencia característica a la compresión diagonal promedio de 5.04 kgf/cm².

Tabla 43*Distribución según carga, deformación horizontal y vertical muretes ladrillera 02*

M LA 2.1			M LA 2.2			M LA 2.3		
DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	284	0	0	68	0	0	68
0.12	0	461	0	0	186	0	0	284
0.25	0	639	0	0	284	0.13	0	402
0.4	0	816	0.06	0	461	0.38	0	698
0.7	0	1268	0.15	0	639	0.54	0.01	914
0.83	0.01	1544	0.25	0	855	0.61	0.01	1091
0.95	0.01	1839	0.4	0	1091	0.73	0.02	1268
1.13	0.02	2293	0.55	0	934	0.87	0.03	1544
1.27	0.03	2627	0.7	0	1603	1.01	0.03	1780
1.32	0.04	2923	0.85	0	1899	1.13	0.04	2056
1.38	0.04	3140	0.99	0	2174	1.24	0.04	2293
1.48	0.05	2982	1.08	0.01	2352	1.34	0.05	2470
1.63	0.05	3613	1.17	0.01	2529	1.47	0.06	2627
1.66	0.07	3948	1.35	0.02	2627	1.47	0.06	2805
1.71	0.09	4283	1.42	0.02	2746	1.53	0.06	3120
1.73	0.1	4639	1.49	0.02	2864	1.55	0.07	3396
1.73	0.13	4915	1.61	0.02	3199	1.65	0.07	3613
1.77	0.18	5073	1.75	0.03	3554	1.67	0.08	4717
1.8	0.19	5428	1.81	0.03	3712	1.72	0.09	4994
			1.89	0.04	4007			
			1.95	0.04	4126			
			2.01	0.05	4224			
			2.13	0.05	4461			
			2.23	0.07	4816			
			2.39	0.09	5290			
			2.49	0.12	5487			
			2.56	0.13	5665			

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

Tabla 44

Distribución según esfuerzo cortante, deformación angular y módulo de corte de muretes ladrillera 02

N°	Area (cm ²)	Def.	Lectura Inst. (mm)	Carga P max (kg)	Carga (kg)		Desp. (mm)		Esf. Cor. (Δt) (kg/cm ²)	$\Delta V-H$ (mm/mm)	Deform. Angular (γ) (mm/mm)	G _m (kg/cm ²)
					P _{20%}	P _{60%}	D _{20%}	D _{60%}				
M2.1	706.1	v	80.5	5428	1085.6	3256.8	0.678	1.405	3.075	0.009031	0.009542	322.26
		h	70.5				0.015	0.051		0.000511		
M2.2	689.63	v	80.5	5665	1133	3399	0.481	1.651	3.286	0.014534	0.013689	240.03
		h	71				0.09	0.03		-0.000845		
M2.3	700.59	v	82.5	4994	998.8	2996.4	0.691	1.406	2.851	0.008667	0.009194	310.11
		h	72				0.019	0.057		0.000528		
\bar{x}												290.8
S												44.39
G' _m												246.41

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.7.3 Resultados ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 03

Tabla 45

Distribución según largo, ancho, altura de muretes, área bruta, carga máxima y resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 03

Muestra	Dimensiones (cm)			Área bruta (cm ²)	Carga Máx.(kgf)	Res. Individual (kgf/cm ²)
	Largo	Ancho	Alto			
M LA 2.1	64.55	12.00	64.00	771.30	5033	4.61
M LA 2.2	65.20	11.95	64.75	776.45	5665	5.16
M LA 2.3	64.00	11.80	64.00	755.20	4994	4.68
\bar{x}				767.65	5230.67	4.82
S				11.09	376.65	0.30
v' _m						4.52

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 45, observamos que los muretes elaborados con las unidades de albañilería de la ladrillera 03 soportan una carga máxima promedio de 5230.67 kgf, lo que representa una resistencia a la compresión diagonal promedio de 4.82 kgf/cm² con una desviación estándar de 0.30 kgf/cm², obteniéndose una resistencia característica a la compresión diagonal promedio de: $v'_m = 4.52$ kgf/cm².

Tabla 46

Distribución según carga, deformación horizontal y vertical muretes ladrillera 03

MLA 3.1			MLA 3.2			MLA 3.3		
DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	127	0	0	9	0	0	127
0	0	343	0	0	245	0	0	461
0	0	521	0.11	0	343	0.26	0	816
0.02	0	757	0.32	0	639	0.26	0.01	1150
0.05	0.01	973	0.5	0	816	0.54	0.02	1426
0.12	0.01	1150	0.5	0	1091	0.85	0.03	1603
0.17	0.02	1328	0.7	0	1328	0.85	0.05	1780
0.22	0.02	1564	0.7	0.01	1564	1.1	0.07	1899
0.23	0.03	1721	0.99	0.01	1780	1.73	0.08	1997
0.27	0.04	1958	1.03	0.02	1958	1.88	0.09	2174
0.24	0.06	2056	1.2	0.03	2233	2	0.1	2352
0.3	0.1	2174	1.45	0.04	2568	2.1	0.12	2568
0.32	0.16	2293	1.45	0.05	2746	2.2	0.15	2805
0.35	0.18	2470	1.46	0.05	2923	2.23	0.17	3002
0.4	0.19	2687	1.66	0.06	3140	2.4	0.2	3337
0.51	0.2	2923	1.73	0.06	3376	2.57	0.25	3672
0.72	0.21	3012	1.73	0.08	3495	2.63	0.27	4560
0.76	0.22	3156	2.02	0.1	3830			
0.79	0.22	3613	2.09	0.14	4007			
0.65	0.27	3889	2.15	0.16	4244			
0.95	0.29	4244	2.28	0.19	4461			
1.3	0.3	4402	2.4	0.22	4639			
1.35	0.31	4698	2.42	0.26	4678			
1.46	0.32	5033						

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

Tabla 47

Distribución según esfuerzo cortante, deformación angular y módulo de corte de muretes ladrillera 03

N°	Area (cm ²)	Def.	Lectura Inst. (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		Desp. (mm)		Esf. Cor. (Δt) (kg/cm ²)	$\Delta V-H$ (mm/mm)	Defor. Angular (γ) (mm/mm)	Gm (kg/cm ²)
					P _{20%}	P _{60%}	D _{20%}	D _{60%}				
M3.1	771.3	v	85.6	5033	1006.6	3019.8	0.148	1.525	2.61	0.016086	0.017935	145.53
		h	71.4				0.066	0.198		0.001849		
M3.2	776.45	v	85.5	4678	935.6	2806.8	0.493	1.48	2.41	0.011544	0.012115	198.92
		h	73.5				0.017	0.059		0.000571		
M3.3	758.74	v	84.5	4560	912	2736	0.676	2.029	2.404	0.016012	0.01718	139.93
		h	75.3				0.031	0.119		0.001169		
Media												161.46
S												32.56
G' _m = \bar{x} -s												128.9

Nota. Datos procesados mediante el programa Microsoft Excel. Elaboración propia

5.7.4 Hipótesis ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes ladrillera 03

H₀: La resistencia a la compresión diagonal de muretes elaborados con unidades de albañilería de arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería del RNE, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu \leq 5.1$ kg/cm²).

H₁: La resistencia a la compresión axial de pilas elaboradas con unidades de albañilería de arcilla cocida de las ladrilleras 01, 02 y 03 cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería del RNE, para su utilización como material de construcción alternativo en la ciudad del Andahuaylas – Apurímac – 2023 ($\mu > 5.1$ kg/cm²).

Tabla 48

Hipótesis resistencia a la compresión diagonal de muretes de ladrilleras 01, 02 y 03

Ladrillera	v_m	Valores prueba de hipótesis				
		S	v'_m	t	Gl	p - valor
RCD (kg/cm ²) LA 01	6.30	0.33	5.97	6.298	2	0.0122
RCD (kg/cm ²) LA 02	5.43	0.39	5.04	1.47	2	0.1347
RCD (kg/cm ²) LA 03	4.82	0.30	4.52	-1.616	2	0.9610
RCD (kg/cm ²) Global	4.805	0.708	4.097	-1.248	8	0.1237

Nota. La tabla muestra los estadígrafos obtenidos mediante el software SPSS.

Elaboración propia

Considerando la norma técnica E.070 del RNE, la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería, acepta una resistencia a la compresión diagonal característica mínima de 5.1 kg/cm² para ladrillos tipo I, tomamos las siguientes decisiones en función a la Tabla 48:

Para LA 01: Dado que $p = 0.0122 > \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la alterna por lo que concluimos que la resistencia a la compresión diagonal promedio de muretes de albañilería de la ladrillera 01 es menor a 5.1 kg/cm², no cumpliendo con la norma técnica NTP E.070 del RNE. En este caso, si consideramos $\alpha = 0.05$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la nula, dado que $p = 0.0224 < 0.05$, obteniéndose una resistencia característica a la compresión diagonal promedio de muretes de albañilería de la LA 01 es $v'_m = 5.97$ kg/cm².

Para LA 02: Dado que $p = 0.1347 > \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la alterna por lo que concluimos que la resistencia a la compresión diagonal promedio

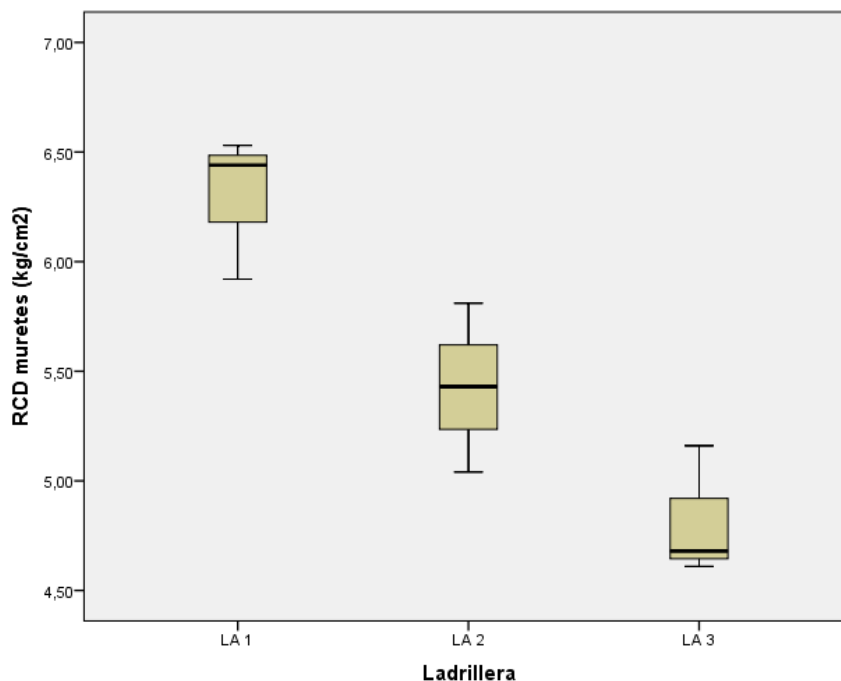
de muretes de albañilería de la ladrillera 02 es menor a 5.1 kg/cm^2 , no cumpliendo con la norma técnica E.070, obteniéndose una resistencia característica a la compresión diagonal promedio de muretes de albañilería de la LA 02 es $v'_m = 5.04 \text{ kg/cm}^2$.

Para LA 03: Dado que $p = 0.9610 > \alpha = 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alterna por lo que concluimos que la resistencia a la compresión diagonal característica promedio de muretes de albañilería de la ladrillera 03 es menor a 5.1 kg/cm^2 , no cumpliendo con la norma técnica E.070, obteniéndose una resistencia característica a la compresión diagonal promedio de muretes de albañilería de la ladrillera 03 es $v'_m = 4.52 \text{ kg/cm}^2$.

Para LA 1, 2 y 3: Dado que $p = 0.1237 > 0.01$, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alterna por lo que concluimos que la resistencia a la compresión diagonal promedio de muretes de albañilería de las ladrilleras 01, 02 y 03 es menor a 5.1 kg/cm^2 , no cumpliendo con la NTP E.070 (Figura 24).

Figura 24

Resistencia a la compresión diagonal de muretes, según ladrilleras (kg/cm²)



Nota. Figura obtenida mediante el software SPSS. Elaboración propia

5.7.5 Discusión de resultados ensayos de resistencia a la compresión diagonal de muretes

Determinar las propiedades la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería de ladrillos artesanales de arcilla fabricadas en la ciudad de Andahuaylas – Apurímac – 2023.

De acuerdo a la Norma Técnica E.070 del RNE, indica que la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería de ladrillos artesanales es de 5.1 kg/cm² para ladrillos de tipo I. La siguiente tabla muestra los resultados resumidos del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes de unidades albañilería artesanal.

Tabla 49

Estadígrafos según resistencia a la compresión diagonal de muretes (kg/cm²) y ladrillera

Ladrillera	Estad.	Resistencia a la Comp.	
		kg/cm ²	Mpa
LA 1	Media	6.30	0.59
	S	0.33	0.03
LA 2	Media	5.43	0.49
	S	0.39	0.04
LA 3	Media	4.82	0.44
	S	0.30	0.03
LA 1, 2 y 3	Media	4.81	0.47
	S	0.71	0.07
NT E.070		5.1	0.5

Nota. Elaboración propia y adaptado de la Norma Técnica E0.70 del RNE

De la Tabla 49, observamos que:

La resistencia a la compresión diagonal de muretes de las ladrilleras analizadas, no cumplen con el valor mínimo de aceptación (5.1 kg/cm²) de la Norma Técnica E.070 de albañilería, por lo cual no están aptas para el uso en construcciones de albañilería. Esto podría deberse al uso de mano de obra no calificada en la fabricación de los ladrillos artesanales (Figura 24). Los resultados obtenidos son corroborados por la prueba de hipótesis resistencia a la compresión diagonal de muretes en el acápite 5.7.4, donde se prueba la hipótesis de que los muretes de todas las ladrilleras tienen una resistencia a la compresión diagonal menor a 5.1 kg/cm², con un nivel de significancia de 1%. Este resultado también es corroborado por el resultado obtenido por (Aliaga, 2017), la resistencia al corte promedio en muretes construidos con la muestra de la ladrillera Santos es de 2.40 kg/cm² con un CV 6.55% y de la muestra de la

ladrillera Vilchez es 3.76 kg/cm^2 con un CV 4%, que son menores a lo sugerido, consecuentemente no soportan cargas dinámicas.

VI. Conclusiones

En función al análisis de los resultados de la prueba de hipótesis planteada para el ensayo de variación dimensional: largo, ancho y altura de las unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas, por lo que concluimos que las ladrilleras analizadas cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones, con excepción de la ladrillera de la ladrillera 02, que tiene una variación dimensional del largo $6.564\% > 6\%$. Por lo que podríamos clasificarlos como ladrillos de tipo I.

Analizando los resultados de la prueba de hipótesis planteada para el ensayo de alabeo de las unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas con $\alpha = 0.01$, concluimos que las ladrilleras analizadas cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, debido a que tiene un alabeo menor a 10 mm en ambas caras. También podemos decir que la deformación del alabeo es cóncavo en la mayoría de los casos. Por lo que podemos clasificarlos como ladrillos de tipo I.

En función al análisis de los resultados de la prueba de hipótesis planteada para el ensayo de la densidad de las unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas con $\alpha = 0.01$, concluimos que las ladrilleras analizadas cumplen con la ITINTEC 331.017. Esto es, las unidades de albañilería tienen una densidad mayor 1.5 g/cm^3 .

Analizando los resultados de la prueba de hipótesis planteada para el ensayo de absorción de las unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas con $\alpha = 0.01$, concluimos que las ladrilleras analizadas cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, con excepción de la LA 03, la cual tiene una absorción de $22.834\% > 22\%$.

Después del análisis de los resultados de la prueba de hipótesis planteada para el ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas con $\alpha = 0.01$, concluimos que las ladrilleras analizadas no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, por lo cual no estarían aptas para el uso en construcciones de albañilería. Dado que las tres ladrilleras tienen una resistencia a la compresión promedio menor a 50 kg/cm^2 .

En función al análisis de los resultados de la prueba de hipótesis planteada para el ensayo de resistencia a la compresión axial de pilas de unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas con $\alpha = 0.01$, concluimos que las ladrilleras analizadas no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, por lo cual no estarían aptas para el uso en construcciones de albañilería. Dado que las tres ladrilleras tienen una resistencia a la compresión axial de pilas promedio menor a 35 kg/cm^2 .

En función al análisis de los resultados de la prueba de hipótesis planteada para el ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes de unidades de albañilería de las ladrilleras analizadas con $\alpha = 0.01$, concluimos que las ladrilleras analizadas no cumplen con la norma técnica E.070 de albañilería, por lo cual no estarían aptas para el uso en construcciones de

albañilería. Dado que los muretes de las tres ladrilleras tienen una resistencia a la compresión diagonal promedio menor a 5.1 kg/cm^2 .

VII. Recomendaciones

Hacer de conocimiento a las entidades competentes: región, municipio, Colegio de Ingenieros y otros, los resultados del presente trabajo de investigación como prevención en el sector construcción, con la finalidad de que se tomen medidas que correspondan, para de esta manera garantizar la seguridad en la construcción de viviendas y prevenir posibles accidentes con alto costo de vidas humanas.

A los dueños de las fábricas de ladrillos artesanales de la ciudad de Andahuaylas, contraten personal capacitado y utilicen equipos adecuados a efectos de mejorar la calidad de los ladrillos artesanales.

Dado que la mayoría de las ladrilleras no cumplen con la Norma Técnica E.070 de albañilería, recomendamos a las autoridades de la Municipalidad Provincial de Andahuaylas capacitar a los propietarios de las ladrilleras artesanales con el fin de que las ladrilleras mejoren la calidad de las unidades de las ladrilleras artesanales, desde la fase del proceso de producción (extracción, mezcla, cocción y secado) y de esta manera mejoren las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería y de esta forma cumplan con la Norma Técnica E.070, y se éstas se encuentren aptas para el uso en construcciones.

Debido a que, en la ciudad de Andahuaylas, hay una gran cantidad de fábricas de ladrillos artesanales y que la mayoría de las viviendas de material noble son realizadas usando ladrillos artesanales de arcilla cocida. Se recomienda realizar más estudios a efectos de determinar las proporciones adecuadas, las medidas adecuadas y forma de las unidades de albañilería artesanal.

VIII. Referencias

- Afanador, N. Guerrero, G. Monroy, R. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22, 17.
- Aguirre, D. (2004). Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. *Test*, 1–198.
- Aguirre, M. Romero, M. Ramirez, J y Castillo, E. (2022). El ladrillo artesanal de Cuenca (Ecuador): una caracterización inicial en el marco patrimonial. *Conservar Património*, 41, 68–94.
- Aliaga, G. (2017). *Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de los Ladrillos Artesanales de la Ciudad de Celendin*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Ávalos, D. A. (2019). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos en la provincia de ambo – Huánuco 2019*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Hermilio Valdizan - Huanuco.
- Caraza, V. E. (2015). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería blocker II de la ladrillera Martorell en relación a la norma RNE E.070 con fines de uso en viviendas de la ciudad de Tacna*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Ccama, E. D. y Mamani, W. P. (2023a). *Capacidades de resistencia de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla atlas (Bloker II) sometido a ensayo de compresión axial y diagonal, tacna 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. In *Artículo de Financial Distress* (Vol. 1).

<http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>

Ccama, E. D. y Mamani, W. P. (2023b). *Capacidades de Resistencia de Especímenes de Albañilería de Ladrillos de Arcilla Atlas (Bloker II) Sometidos a Ensayos de Compresión Axial y Diagonal, Tacna 2021* (Vol. 1) [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna].

Repositorio Institucional Universidad Privada de Tacna

<http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>

Chavez, A. L. (2017). *Análisis de las propiedades físico mecánicas de ladrillos de arcilla calcinada en las principales ladrilleras de la región Arequipa y su capacidad máxima en una edificación*. [Tesis de pregrado]. Universidad Católica de Santa María.

CISMID. (2004). *Guía para la construcción con albañilería* (UNI (ed.)).

CTNUA. (2013). NTP 399.605 *Unidades de albañilería. método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería*. In CTNUA-INDECOPI (Ed.), *CTNUA-INDECOPI* (Vol. 2). INDECOPI. <https://acortar.link/jT1zn9>

Cuenca, B. (2020). *Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga* [Tesis de pregrado, Universidad San Cristobal de Huamanga]. RepoIn *Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga* (Vol. 1). <https://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5720>

Devore, J. L. (2012). *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias* (Octava edi). CENAGE Learning. <https://bibliotecaia.ism.edu.ec/Repository/p/ProbabilidadEstadistica.pdf>

Enciso, F. (2016). *Ensayos a la Unidad de Albañilería* (Issue 3).

Gallegos, H. y Casabonne, C. (2005a). *Albañilería estructural* (tercera ed). Fondo Editorial

PUCP.

Gallegos, H. y Casabonne, C. (2005b). *Albañilería estructural* (PUCPFE (ed.); Tercera).

Hernández, Y. L. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal y ladrillo industrial, en la ciudad Jaén-Cajamarca-Perú 2017* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Jaen]. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/225/1/Hernández_MY.pdf

Huamani, M. A. y Solis, S. (2020). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de arcilla maciza adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, Arequipa 2020*. [Tesis de pregrado]. Universidad Continental.

Ilasaca, E. (2012). *Estadística y Probabilidades con SPSS*. Grupo Editorial Megabyte.

Ilasaca, E. (2012). *hipótesis 7.1*. Editorial Megabyte.

INEI-PERU. (2018). *Perú : Crecimiento y distribución de la población, 2017*. INEI.

INEI - Perú. (2018). *Características de las viviendas particulares y los hogares Acceso a servicios básicos*. INEI.

ITINTEC. (1978). *NTP 331.017*.

Jaramillo, S. (2019). *Propuesta de alternativas para el aprovechamiento del ladrillo como RCD en Colombia – estudio de caso de Bogotá* [Tesis de pregrado, Universidad La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitariaS.

López, Y. O. y Molina, M. A. (2018). Estudio experimental para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de las unidades de albañilería hechas de arcilla en el departamento de Lambayeque. *universidad de cipán*, 10.

- Lulichac, F. C. (2015). *Determinación De Las Propiedades Físico - Mecánicas De Las Unidades De Albañilería En La Provincia De Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. In *Universidad Privada del Norte* (Issue Dmi). <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>
- Marín, J. G. (2023). *Caracterización de arcillas rojas para el uso de fabricación de ladrillos, dentro del sector timbiana, morona santiago*. [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago.
- Ministerio de Vivienda. (2006). *Norma técnica E.070 albañilería*. Ministerio de Vivienda y Construcción. <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/01/Norma-E-070-MV-2006.pdf>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento: MVCS. (2006). Reglamento Nacional De Edificaciones. In SENCICO (Ed.), *Sencico, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. SENCICO.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). NTE E.070. In MVCS (Ed.), *Reglamento Nacional de Edificaciones*. El Peruano. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366661/56%2520E.070%25.pdf?v=1677250657>
- MVCS. (2006). Norma Técnica E.070 Albañilería. In SENCICO (Ed.), *El Peruano*. El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-el-codigo-de-responsabilidad-decreto-legislativo-n-1348-1471548-8/>
- Navidi, W. (2006). Estadística para Ingenieros y Científicos. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). McGraw Hill.

http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SYSTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

Padilla, J. J. (2022a). “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería para viviendas, fabricadas en las ladrilleras del distrito de la unión, provincia y departamento de Piura 2021. In *Ucv*. Universidad Nacional de Piura.

Padilla, J. J. (2022b). *Evaluación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de Unidades de Albañilería Para Viviendas, Fabricadas en las Ladrilleras del Distrito de la Unión, Provincia y Departamento de Piura 2021*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Piura.

Puentes, D. A. (2021). *Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo proveniente de fábricas ubicadas en la zona norte del departamento del Valle del Cauca en Colombia*. [Tesis de pregrado] Universidad Autonoma de Sinaloa - Colombia.

Quevedo, E. C. (2017). “*Influencia De Las Unidades De Albañilería Tipo Pet Sobre Las Características Técnicas Y Económicas De Viviendas Ecológicas Para La Zona De Expansion Del Distrito De Nuevo Chimbote, Ancash*”. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Santa.

San Bartolomé, Á. (1994). *Construcciones de lbañilería - Comportamiento Sísmico y Estructural* (PUCP (ed.)).

San Bartolomé, Á. F. Quiun, D. y Silva, W. E. (2018a). Diseño y construcción de estructuras

sismorresistentes de albañilería. In PUCPFE (Ed.), *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería* (Segunda). <https://doi.org/10.18800/9786123173661>

San Bartolomé, Á. F. Quiun, D. y Silva, W. E. (2018b). Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. In *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería* (Segunda Ed). Fondo Editorial PUCP. <https://doi.org/10.18800/9786123173661>

Serway, R. A. y Jewett, J. W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. In *Nuncius* (Septima, Vol. 14, Issue 1). CENGAGE Learning. <https://doi.org/10.1163/221058799x01268>

Tapia, C. (2015). *"Evaluación de las características físicas- mecánicas de la albañilería producida artesanalmente en los centros poblados de Manzanamayo y San José del distrito de Baños del Inca - Cajamarca*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca.

Torres, S. R. (2021). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla fabricados en la ciudad de Iquitos-2020*. [Tesis de pregrado]. Universidad Científica del Sur.

Zuñiga, A. (2018). *Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente*. Universidad Politécnica de Madrid.