



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**Evaluación de la calidad de los muros portantes de
viviendas autoconstruidas en el distrito de José**

Leonardo Ortiz

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Bach. Goicochea Dávila Jaime Alexander

ASESOR:

Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro

Lambayeque – Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Evaluación de la calidad de los muros portantes de
viviendas autoconstruidas en el distrito de José**

Leonardo Ortiz

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO

Dra. Ing. Capuñay Capuñay Yrma Del Carmen
Presidente

Msc. Ing. Serrano Zelada Ovidio
Secretario

Msc. Ing. Bernilla Gonzales Jannyne Beatriz
Vocal

Msc. Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro
Asesor

Lambayeque – Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Evaluación de la calidad de los muros portantes de
viviendas autoconstruidas en el distrito de José**

Leonardo Ortiz

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

Bach. Goicochea Dávila Jaime Alexander
Autor

Msc. Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro
Asesor

Lambayeque – Perú

2026



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 13-2026-UI-FICSA

Siendo las 9:00 am del día 10 de junio del 2026, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MUROS PORTANTES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ”**, con código N° IC_V_2025_029, y designado por Resolución Decanal N° 432-2025-UNPRG-FICSA con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionado, conformado por los siguientes docentes:

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY

PRESIDENTE

MSC. ING. OVIDIO SERRANO ZELADA

SECRETARIO

MSC. ING. JANNYNA BEATRIZ BERNILLA GONZALES

VOCAL

Asesorado por MSC. ING. MANUEL ALEJANDRO BORJA SUAREZ.

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL N° 120-2026-UIFICSA, la Tesis fue presentada y sustentada por el Bachiller: **JAIME ALEXANDER GOICOCHEA DAVILA**, tuvo una duración de 60 minutos Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

NUMERO

LETRAS

CALIFICATIVO

JAIME ALEXANDER GOICOCHEA DAVILA

17 DECIETE BUENO

Por lo que queda APTO para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 10:00; del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
PRESIDENTE

MSC. ING. OVIDIO SERRANO ZELADA
SECRETARIO

MSC. ING. JANNYNA BEATRIZ BERNILLA GONZALES
VOCAL

MSC. ING. MANUEL ALEJANDRO BORJA SUAREZ
ASESOR



CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo **Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro** usuario revisor de Tesis ☒
Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ y/o Trabajo Académico ☐
Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MUROS PORTANTES DE VIVIENDAS
AUTOCONSTRUIDAS EN EL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ**

Cuyo autor es: **Goicochea Dávila Jaime Alexander** con DNI N° **77472846** declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud **18%**, verificables en el Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito (a) analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos,

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 11 de marzo del 2026



Firma (Asesor)

Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro

DNI: 16690047

Adjunta:

Resumen de Reporte automatizado de similitudes

Recibo digital

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MUROS PORTANTES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

3

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

4

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

5

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

6

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

7

felanitx.org

Fuente de Internet

8

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

9

repositorio.upeu.edu.pe

Fuente de Internet

10

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

11

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

12

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

13

Mamani Quina, Plinio. "Comportamiento mecánico de muros de albanilería tubular confinada reforzados con malla electrosoldada ante cargas sísmicas y gravitacionales." Pontificia Universidad Católica del Perú - CENTRUM Católica (Peru), 2021

Publicación

14

qdoc.tips

Fuente de Internet



Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro

DNI: 16690047

Asesor

15 repositorio.upla.edu.pe
Fuente de Internet

16 repositorio.utea.edu.pe
Fuente de Internet

17 repositorio.upt.edu.pe
Fuente de Internet

18 Submitted to Universidad Nacional de Trujillo
Trabajo del estudiante

19 repositorio.unprg.edu.pe
Fuente de Internet

20 tesis.ucsm.edu.pe
Fuente de Internet

21 repositorio.unsch.edu.pe
Fuente de Internet

22 repositorio.unheval.edu.pe
Fuente de Internet

23 1library.co
Fuente de Internet

24 repositorio.unp.edu.pe
Fuente de Internet

25 Submitted to uncedu
Trabajo del estudiante

26 Submitted to D.A. de Ingeniería Civil
Trabajo del estudiante

27 Submitted to Universidad Nacional San Agustin
Trabajo del estudiante

28 repositorio.ucsm.edu.pe
Fuente de Internet

29 csharp.hotexamples.com
Fuente de Internet

30 Submitted to Georgia Institute of Technology Main Campus
Trabajo del estudiante



Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro
DNI: 16690047
Asesor

- 31 Aguirre Gaspar, Dionisia Rosa. "Evaluación de las características estructurales de la albanilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín.", Pontificia Universidad Católica del Perú - CENTRUM Católica (Perú), 2020
Publicación
-
- 32 Luza Ponce, Lady Di Marillac. "Reparación y reforzamiento de un muro de albañilería confinada bajo cargas gravitacionales y laterales cíclicas", Pontificia Universidad Católica del Perú (Perú), 2025
Publicación
-
- 33 repositorio.unsaac.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 34 code.itp.ac.cn
Fuente de Internet
-
- 35 apirepositorio.unh.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 36 cybertesis.uni.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 37 repositorio.upn.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 38 Leal Hernández, Milena. "Efecto de la estrategia "Sami" para mejorar la competencia profesional de enfermería en la administración de medicamentos.", Universidad de La Sabana (Colombia)
Publicación
-
- 39 core.ac.uk
Fuente de Internet
-
- 40 AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES S.A.
"EIA-SD del Proyecto Planta de Transferencia de Residuos Sólidos Inorgánicos de la Localidad de Chiclayo-IGA0003707", R.D. N° 364-2015/DSB/DIGESA/SA, 2020
Publicación
-
- 41 creativecommons.org
Fuente de Internet
-
- 42 repositorio.unjbg.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 43 repositorio.uap.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 44 www.slideshare.net
Fuente de Internet
-



Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro
DNI: 16690047
Asesor

45 Trabajo del estudiante

46 repositorio.uancv.edu.pe
Fuente de Internet

47 repositorio.ucv.edu.pe
Fuente de Internet

48 Submitted to Universidad Mariano Gálvez de Guatemala
Trabajo del estudiante

49 Pari Quispe, Sonia Esmeralda. "Análisis experimental de muros de albanilería confinada en viviendas de baja altura en Lima, Perú.", Pontificia Universidad Católica del Perú - CENTRUM Católica (Perú), 2021
Publicación

50 Submitted to Universidad Nacional de Ingeniería
Trabajo del estudiante

51 repositorio.unica.edu.pe
Fuente de Internet

52 Submitted to Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez
Trabajo del estudiante

53 Submitted to Webster University
Trabajo del estudiante

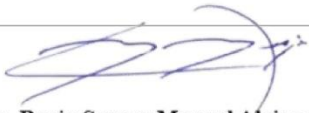
54 repositorio.espe.edu.ec
Fuente de Internet

55 repositorio.uandina.edu.pe
Fuente de Internet

56 repositorioacademico.upc.edu.pe
Fuente de Internet

57 www.coursehero.com
Fuente de Internet

58 www.repositorio.unach.edu.pe
Fuente de Internet


Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro
DNI: 16690047
Asesor

Excluir citas
Excluir bibliografía

Activo
Activo

Excluir coincidencias

< 13 words



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jaime Alexander Goicochea Dávila
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MUROS PORTANTES DE ...
Nombre del archivo: INFORME_FINAL.pdf
Tamaño del archivo: 6.14M
Total páginas: 152
Total de palabras: 30,198
Total de caracteres: 144,112
Fecha de entrega: 25-jun-2026 06:21p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2989561818

Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro
DNI: 16690047
Asesor

	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS		
“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MUROS PORTANTES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ”		
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE: Ingeniero Civil		
AUTOR: Bach. Goicochea Dávila, Jaime Alexander		
ASESOR: Ing. Borja Suarez, Manuel Alejandro		
Lambayeque – Perú 2026		

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis va dedicado a mis padres, que con su amor incondicional y arduo trabajo me educaron y apoyaron en toda mi formación profesional, siendo ellos mi mayor inspiración para alcanzar cada una de mis metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios porque a Él le debo lo que soy y lo que tengo;
gracias a Dios, quien me brinda sabiduría, entendimiento y
conocimiento día a día, por fortalecerme y llenarme de
misericordias cada mañana.

A mis maestros, por su dedicación para transmitir sus
conocimientos e incentivación para seguir investigando y
desarrollarme como buen profesional.

A mi familia y amigos en general por su apoyo en los
buenos y malos momentos; por motivarme para seguir
siempre adelante.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de los muros portantes en viviendas autoconstruidas del distrito de José Leonardo Ortiz, mediante la comparación de las características físico-mecánicas del ladrillo y del mortero con los requisitos establecidos en la Norma Técnica E.070 – Albañilería. El estudio se desarrolló sobre una muestra de 16 viviendas en proceso de construcción, en las cuales se identificó el tipo de unidad empleada y se realizaron ensayos de variabilidad dimensional, alabeo, resistencia a compresión de la unidad (f'_b), porcentaje de área de vacíos, resistencia a compresión del mortero (f'_c), resistencia a compresión axial de la albañilería (f'_m) y resistencia a compresión diagonal (v'_m).

Los resultados evidenciaron que el 50% de las viviendas emplea ladrillo artesanal, el 31.25% ladrillo industrial perforado y el 18.75% unidades tubulares. En cuanto a la clasificación normativa, el 75% de las unidades evaluadas no cumple con los requisitos establecidos por la Norma E.070, principalmente por presentar valores insuficientes de resistencia a compresión (f'_b). Asimismo, en las viviendas donde se emplearon ladrillos perforados se observó que el 100% de dichas unidades superó el límite máximo permitido de área de vacíos (30%) establecido por la Norma. Respecto al comportamiento estructural, solo el 12.5% de los muros evaluados alcanzó la resistencia mínima a compresión axial (f'_m), mientras que el 100% presentó valores de resistencia a compresión diagonal (v'_m) inferiores al mínimo normativo, evidenciando una deficiente capacidad frente a sollicitaciones sísmicas.

En conclusión, los resultados confirman que una proporción significativa de los muros portantes en viviendas autoconstruidas del distrito presenta una calidad físico-mecánica insuficiente para cumplir con los requisitos normativos vigentes, lo que compromete su desempeño estructural en una zona de alta sismicidad.

Palabras clave: albañilería confinada; calidad estructural; resistencia a compresión; muros portantes; autoconstrucción

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the quality of load-bearing walls in self-built houses located in the district of José Leonardo Ortiz by comparing the physical-mechanical characteristics of bricks and mortar with the requirements established in the Peruvian Technical Standard E.070 – Masonry. The study was conducted on a sample of 16 houses under construction, in which the type of masonry unit used was identified and tests of dimensional variability, warping, unit compressive strength (f'_b), percentage of void area, mortar compressive strength (f'_c), axial compressive strength of masonry (f'_m), and diagonal compressive strength (v'_m) were performed.

The results showed that 50% of the houses use artisanal bricks, 31.25% use industrial perforated bricks, and 18.75% use tubular units. Regarding the normative classification, 75% of the evaluated units do not comply with the requirements established by Standard E.070, mainly due to insufficient compressive strength (f'_b). Likewise, in the houses where perforated bricks were used, it was observed that 100% of these units exceeded the maximum allowable void area limit (30%) established by the standard. In terms of structural behavior, only 12.5% of the evaluated walls reached the minimum axial compressive strength (f'_m), while 100% presented diagonal compressive strength (v'_m) values below the normative minimum, indicating a deficient capacity against seismic demands.

In conclusion, the results confirm that a significant proportion of load-bearing walls in self-built houses in the district present insufficient physical-mechanical quality to comply with current regulatory requirements, which compromises their structural performance in a high seismicity zone.

Keywords: confined masonry; structural quality; compressive strength; load-bearing walls; self-construction.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
ÍNDICE	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE ECUACIONES	13
ÍNDICE DE GRÁFICOS	14
1. GENERALIDADES.....	15
1.1. Síntesis de la situación problemática	15
1.2. Formulación del problema de investigación	17
1.3. Justificación	17
1.4. Alcances y limitaciones	18
1.5. Hipótesis o solución del problema.....	18
1.6. Objetivo general.....	19
1.7. Objetivos específicos	19
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Bases Teóricas	22
2.2.1. Ladrillo.....	22
2.2.1.1. Variabilidad Dimensional	24
2.2.1.2. Alabeo	26
2.2.1.3. Resistencia a la compresión f'_b	27
2.2.2. Mortero	29
2.2.3. Albañilería estructural.....	30

2.2.3.1.	Resistencia de la albañilería a la compresión axial f'_m	32
2.2.3.2.	Resistencia de la albañilería a la compresión diagonal v'_m	34
3.	MARCO METODOLÓGICO	36
3.1.	Tipificación de la investigación	36
3.2.	Operacionalización de variables	37
3.3.	Población y muestra	38
3.3.1.	Población.....	38
3.3.2.	Muestra	38
3.4.	Técnicas, instrumentos, equipos y materiales.....	40
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	42
4.1.	Propiedades en el mortero.....	42
4.1.1.	Resistencia característica a la compresión f'_c	42
4.2.	Propiedades en la unidad de albañilería.....	50
4.2.1.	Variabilidad Dimensional	51
4.2.2.	Alabeo	79
4.2.3.	Resistencia a la compresión f'_b en la unidad de albañilería	91
4.2.4.	Porcentaje de área de vacíos	102
4.3.	Propiedades en la albañilería	107
4.3.1.	Resistencia a la compresión axial f'_m en prismas de albañilería.....	107
4.3.2.	Resistencia a la compresión diagonal v'_m en muretes de albañilería.....	118
5.	CONCLUSIONES.....	131
6.	RECOMENDACIONES	133
7.	BIBLIOGRAFIA	134
8.	ANEXOS	137
8.1.	Panel fotográfico	137
8.2.	Certificado de ensayos	146
8.3.	Formato de Ensayos.....	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería (ladrillo)	23
Tabla 2 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	24
Tabla 3 Tipos de mortero	30
Tabla 4 Resistencias características de la albañilería.....	31
Tabla 5 Factores de corrección f_m por esbeltez	33
Tabla 6 Incremento de f_m y v_m por edad	33
Tabla 7 Operacionalización de variables	37
Tabla 8 Técnicas e instrumentos para la investigación.....	41
Tabla 9 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 1)	43
Tabla 10 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 2)	44
Tabla 11 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 3)	44
Tabla 12 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 4)	44
Tabla 13 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 5)	45
Tabla 14 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 6)	45
Tabla 15 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 7)	45
Tabla 16 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 8)	46
Tabla 17 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 9)	46
Tabla 18 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 10)	46
Tabla 19 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 11)	47
Tabla 20 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 12)	47
Tabla 21 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 13)	47
Tabla 22 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 14)	48
Tabla 23 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 15)	48
Tabla 24 Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 16)	48
Tabla 25 Variabilidad dimensional - largo de la unidad (Vivienda 1).....	52
Tabla 26 Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 1).....	53
Tabla 27 Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 1)	53
Tabla 28 Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 2)	54
Tabla 29 Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 2).....	54
Tabla 30 Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 2)	55
Tabla 31 Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 3).....	55
Tabla 32 Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 3).....	56

Tabla 33	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 3)	56
Tabla 34	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 4)	57
Tabla 35	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 4)	57
Tabla 36	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 4)	58
Tabla 37	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 5)	58
Tabla 38	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 5)	59
Tabla 39	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 5)	59
Tabla 40	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 6)	60
Tabla 41	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 6)	60
Tabla 42	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 6)	61
Tabla 43	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 7)	61
Tabla 44	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 7)	62
Tabla 45	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 7)	62
Tabla 46	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 8)	63
Tabla 47	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 8)	63
Tabla 48	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 8)	64
Tabla 49	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 9)	64
Tabla 50	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 9)	65
Tabla 51	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 9)	65
Tabla 52	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 10)	66
Tabla 53	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 10)	66
Tabla 54	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 10)	67
Tabla 55	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 11)	67
Tabla 56	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 11)	68
Tabla 57	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 11)	68
Tabla 58	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 12)	69
Tabla 59	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 12)	69
Tabla 60	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 12)	70
Tabla 61	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 13)	70
Tabla 62	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 13)	71
Tabla 63	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 13)	71
Tabla 64	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 14)	72
Tabla 65	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 14)	72
Tabla 66	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 14)	73

Tabla 67	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 15).....	73
Tabla 68	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 15).....	74
Tabla 69	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 15).....	74
Tabla 70	Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 16).....	75
Tabla 71	Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 16).....	75
Tabla 72	Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 16).....	76
Tabla 73	Resumen y clasificación de unidad de albañilería según variabilidad dimensional	76
Tabla 74	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 1).....	80
Tabla 75	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 2).....	81
Tabla 76	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 3).....	81
Tabla 77	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 4).....	82
Tabla 78	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 5).....	82
Tabla 79	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 6).....	83
Tabla 80	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 7).....	83
Tabla 81	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 8).....	84
Tabla 82	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 9).....	84
Tabla 83	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 10).....	85
Tabla 84	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 11).....	85
Tabla 85	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 12).....	86
Tabla 86	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 13).....	86
Tabla 87	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 14).....	87
Tabla 88	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 15).....	87
Tabla 89	Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 16).....	88
Tabla 90	Resumen y clasificación de unidad de albañilería según el alabeo	89
Tabla 91	Ensayo de resistencia a compresión f'b (Vivienda 1)	93
Tabla 92	Ensayo de resistencia a compresión f'b (Vivienda 2)	93
Tabla 93	Ensayo de resistencia a compresión f'b (Vivienda 3)	93
Tabla 94	Ensayo de resistencia a compresión f'b (Vivienda 4)	94
Tabla 95	Ensayo de resistencia a compresión f'b (Vivienda 5)	94
Tabla 96	Ensayo de resistencia a compresión f'b (Vivienda 6)	94
Tabla 97	Ensayo de resistencia a compresión f'b (Vivienda 7)	95
Tabla 98	Ensayo de resistencia a compresión f'b (Vivienda 8)	95
Tabla 99	Ensayo de resistencia a compresión f'b (Vivienda 9)	95
Tabla 100	Ensayo de resistencia a compresión f'b (Vivienda 10)	96

Tabla 101 Ensayo de resistencia a compresión f'_b (Vivienda 11)	96
Tabla 102 Ensayo de resistencia a compresión f'_b (Vivienda 12)	96
Tabla 103 Ensayo de resistencia a compresión f'_b (Vivienda 13)	97
Tabla 104 Ensayo de resistencia a compresión f'_b (Vivienda 14)	97
Tabla 105 Ensayo de resistencia a compresión f'_b (Vivienda 15)	97
Tabla 106 Ensayo de resistencia a compresión f'_b (Vivienda 16)	98
Tabla 107 Clasificación de unidades de albañilería según norma E.070.....	100
Tabla 108 Ensayo de porcentaje de área de vacíos (Vivienda 2).....	104
Tabla 109 Ensayo de porcentaje de área de vacíos (Vivienda 4).....	104
Tabla 110 Ensayo de porcentaje de área de vacíos (Vivienda 10).....	104
Tabla 111 Ensayo de porcentaje de área de vacíos (Vivienda 12).....	105
Tabla 112 Ensayo de porcentaje de área de vacíos (Vivienda 13).....	105
Tabla 113 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 1)	108
Tabla 114 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 2)	108
Tabla 115 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 3)	109
Tabla 116 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 4)	109
Tabla 117 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 5)	110
Tabla 118 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 6)	110
Tabla 119 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 7)	111
Tabla 120 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 8)	111
Tabla 121 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 9)	112
Tabla 122 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 10)	112
Tabla 123 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 11)	113
Tabla 124 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 12)	113
Tabla 125 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 13)	114
Tabla 126 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 14)	114
Tabla 127 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 15)	115
Tabla 128 Ensayo de Resistencia a compresión f'_m (Vivienda 16)	115
Tabla 129 Resistencia a compresión v'_m (Vivienda 1)	121
Tabla 130 Resistencia a compresión v'_m (Vivienda 2)	121
Tabla 131 Resistencia a compresión v'_m (Vivienda 3)	122
Tabla 132 Resistencia a compresión v'_m (Vivienda 4)	122
Tabla 133 Resistencia a compresión v'_m (Vivienda 5)	123
Tabla 134 Resistencia a compresión v'_m (Vivienda 6)	123

Tabla 135 Resistencia a compresión v'm (Vivienda 7)	124
Tabla 136 Resistencia a compresión v'm (Vivienda 8)	124
Tabla 137 Resistencia a compresión v'm (Vivienda 9)	125
Tabla 138 Resistencia a compresión v'm (Vivienda 10)	125
Tabla 139 Resistencia a compresión v'm (Vivienda 11)	126
Tabla 140 Resistencia a compresión v'm (Vivienda 12)	126
Tabla 141 Resistencia a compresión v'm (Vivienda 13)	127
Tabla 142 Resistencia a compresión v'm (Vivienda 14)	127
Tabla 143 Resistencia a compresión v'm (Vivienda 15)	128
Tabla 144 Resistencia a compresión v'm (Vivienda 16)	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Construcción de muro portante con ladrillo pandereta en el distrito de José Leonardo Ortiz	17
Figura 2 Ensayo de Variabilidad Dimensional	25
Figura 3: Ensayo de alabeo	26
Figura 4: Distribución normal de la Resistencia a compresión en unidades de albañilería ...	28
Figura 5: Ensayo de resistencia a compresión axial f'b	29
Figura 6 Transmisión de cargas hacia la cimentación	30
Figura 7 Ensayo de resistencia a compresión axial f'b	32
Figura 8 Similitud de falla en murete (izquierda) y muro real (derecha)	34
Figura 9 Ensayo de resistencia a compresión diagonal v'm	35
Figura 10 Falla por tracción diagonal y escalonado en murete	35
Figura 11 Viviendas muestreadas en el distrito de José Leonardo Ortiz	40
Figura 12 Molde para probetas cúbicas de mortero	42
Figura 13 Ensayo de resistencia a compresión del mortero en máquina de compresión	43
Figura 14 Extracción de medidas en ladrillos (Vivienda 8)	51
Figura 15 Ensayo de alabeo en superficie cóncava (Vivienda 4)	79
Figura 16 Ensayo de alabeo en superficie convexa (Vivienda 5)	80
Figura 17 Prensa hidráulica digital utilizada en el ensayo de resistencia a compresión f'b ...	92
Figura 18 Relleno de vacíos con arena en ladrillo perforado KK 18 huecos	103
Figura 19 Prisma de albañilería en prensa de compresión	107
Figura 20 Muretes de albañilería de vivienda 3	119

Figura 21 Prensa hidráulica de accionamiento manual	120
Figura 22 Ensayo de variabilidad dimensional.....	137
Figura 23 Ensayo de alabeo	137
Figura 24 Probetas cúbicas de mortero in situ.....	138
Figura 25 Condiciones típicas de preparación de mortero en autoconstrucciones	138
Figura 26 Proceso de autoconstrucción con ladrillo artesanal.....	139
Figura 27 Proceso de autoconstrucción con ladrillo industrial.....	139
Figura 28 Proceso de autoconstrucción con ladrillo tubular.....	140
Figura 29 Exceso en espesor de junta constructiva	140
Figura 30 Ensayo de resistencia a compresión en mortero.....	141
Figura 31 Proceso de capeado en unidad de albañilería	141
Figura 32 Ensayo de resistencia a compresión en unidad de albañilería.....	142
Figura 33 Proceso de capeado en pilas de albañilería	142
Figura 34 Ensayo de resistencia a compresión en pila de albañilería.....	143
Figura 35 Modo de falla frágil en pila de albañilería	143
Figura 36 Ensayo de resistencia a compresión diagonal en albañilería.....	144
Figura 37 Modo de falla escalonada en murete de albañilería	144
Figura 38 Peso de arena en probeta de 500ml para calcular el porcentaje de vacíos	145
Figura 39 Proceso de ensayo de porcentaje de huecos	145
Figura 40 Certificado de ensayos - Laboratorio LEMS W&C	146
Figura 41 Formato para ensayo de variabilidad dimensional.....	147
Figura 42 Formato para ensayo de Alabeo	148
Figura 43 Formato para ensayo de resistencia a compresión f_b	149
Figura 44 Formato para ensayo de resistencia a compresión f_m	150
Figura 45 Formato para ensayo de resistencia a compresión $v'm$	151
Figura 46 Formato para ensayo de porcentaje de huecos	152

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Resistencia característica a la compresión axial f_b	28
Ecuación 2: Tamaño de muestra para poblaciones finitas	38
Ecuación 3 : Porcentaje de área de vacíos en unidades perforadas	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Resistencia a compresión f_c del mortero por vivienda	49
Gráfico 2	Coeficiente de variación (CV) para f_c del mortero por vivienda.....	50
Gráfico 3	Distribución del tipo de unidad de albañilería empleada en autoconstrucciones ...	51
Gráfico 4	Clasificación según variabilidad dimensional – Ladrillo artesanal	77
Gráfico 5	Clasificación según variabilidad dimensional – Ladrillo industrial (perforado)	78
Gráfico 6	Clasificación según variabilidad dimensional – Ladrillo tubular	78
Gráfico 7	Clasificación según alabeo – Ladrillo artesanal	89
Gráfico 8	Clasificación según alabeo – Ladrillo industrial (perforado)	90
Gráfico 9	Clasificación según alabeo – Ladrillo tubular	91
Gráfico 10	Resistencia a compresión f_b por vivienda – Ladrillo artesanal	98
Gráfico 11	Resistencia a compresión f_b por vivienda – Ladrillo industrial (perforado)	99
Gráfico 12	Resistencia a compresión f_b por vivienda – Ladrillo tubular	100
Gráfico 13	Porcentaje de área de vacíos en unidades perforadas	106
Gráfico 14	Resistencia a compresión f_m por vivienda – Ladrillo artesanal	116
Gráfico 15	Resistencia a compresión f_m por vivienda – Ladrillo industrial (perforado)	117
Gráfico 16	Resistencia a compresión f_m por vivienda – Ladrillo tubular	117
Gráfico 17	Resistencia a compresión $v'm$ por vivienda – Ladrillo artesanal.....	129
Gráfico 18	Resistencia a compresión f_m por vivienda – Ladrillo industrial (perforado)	130
Gráfico 19	Resistencia a compresión f_m por vivienda – Ladrillo tubular	130

1. GENERALIDADES

1.1. Síntesis de la situación problemática

En los últimos años el distrito de José Leonardo Ortiz ha venido creciendo a un ritmo acelerado lo cual ha impulsado a su vez la autoconstrucción de viviendas, especialmente en sectores con bajos recursos. Este tipo de construcciones, mayormente edificadas en albañilería con el uso predominante de ladrillo (Figura 1), son realizadas sin supervisión técnica y con materiales de dudosa calidad haciéndose esto una práctica común.

Las estadísticas en el Perú muestran una situación alarmante, según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) solo en Lima existen más del 70% de viviendas informales, extendiéndose esta cifra al 80% en un marco nacional mientras que según el Cismid esta cifra aumenta al 90% considerando solo las periferias urbanas. (Equipo Idensity, 2018)

Esta situación representa un elevado riesgo estructural para las viviendas e incluso podrían sufrir daños severos en sus elementos portantes, como los muros y las columnas, debido a la deficiente calidad de los materiales y la ausencia de un diseño sismorresistente ocasionando un incremento significativo de la vulnerabilidad de estas estructuras frente a eventos sísmicos. (Grupo Civilizate, 2022)

El ingeniero Daniel Torrealva menciona que de presentarse un sismo de magnitud similar al de Pisco en 2007 en la costa de Lima “los daños serían mayores puesto que la gran mayoría de viviendas (autoconstruidas) ocupan unos volados desde el segundo piso ocasionando que todos los frentes de estas viviendas se vengán abajo al no tener una contención adecuada (discontinuidad con las columnas)”. (Innova PUCP, 2022)

En este ámbito, Ruíz (2022), en su tesis tuvo como objetivo determinar el nivel de vulnerabilidad de viviendas autoconstruidas de albañilería confinada en el centro poblado Puyllucana, distrito de los Baños del Inca, Cajamarca. Para lo cual evaluó 30 viviendas autoconstruidas de albañilería confinada mediante encuestas y fichas de reporte de las cuales

el 67% de sus muros portantes no se encuentran confinados y además el 90% de estas viviendas se construyeron con unidades de albañilería de mala calidad, concluyéndose principalmente que de todas las viviendas analizadas, el 77% presentan una vulnerabilidad sísmica alta indicando que de ocurrir un terremoto gran parte de este tipo de viviendas sufriría daños irreversibles llegando incluso al colapso de las mismas.

Uno de los elementos estructurales más críticos de estas construcciones viene a ser los muros portantes puesto que estos son los que soportan las cargas actuantes (gravitatorias y sísmicas) y se encargan de proveer estabilidad y soporte a las viviendas.

En el distrito de José Leonardo Ortiz existen diversas ladrilleras que producen unidades de albañilería de manera artesanal, las cuales constituyen una de las principales fuentes de abastecimiento para las viviendas autoconstruidas. La fabricación artesanal, al no contar en muchos casos con controles técnicos rigurosos de cocción, dosificación y dimensiones, podría generar unidades con variabilidad significativa en sus propiedades físico-mecánicas, lo que incrementaría el riesgo de incumplimiento de los parámetros establecidos en la Norma E.070.

La problemática del presente estudio radica en que los ladrillos utilizados en las autoconstrucciones no siempre cumplen con los estándares de calidad necesarios lo cual podría generar riesgos significativos en la resistencia estructural, aumentando así la vulnerabilidad sísmica y haciéndolas susceptibles de sufrir daños moderados hasta severos o incluso el colapso de las mismas frente a eventos sísmicos.

Figura 1:

Construcción de muro portante con ladrillo pandereta en el distrito de José Leonardo Ortiz



1.2. Formulación del problema de investigación

¿Cuál es la calidad de los muros portantes de las viviendas autoconstruidas en el distrito de José Leonardo Ortiz, evaluada mediante la comparación de sus características físico-mecánicas con los requisitos establecidos en la norma E.070?

1.3. Justificación

La presente investigación se justifica debido al crecimiento sostenido de viviendas autoconstruidas en el distrito de José Leonardo Ortiz, muchas de las cuales emplean unidades de albañilería y morteros sin control técnico ni verificación del cumplimiento normativo. Considerando que el distrito se ubica en una zona sísmica 4 según la Norma E.030, resulta indispensable evaluar si los muros portantes de estas edificaciones cumplen con los requisitos

establecidos en la Norma E.070 – Albañilería. La ausencia de control en la calidad de los materiales podría incrementar significativamente la vulnerabilidad estructural ante eventos sísmicos.

Asimismo, la investigación aporta evidencia experimental obtenida en campo y laboratorio sobre la calidad real de los muros portantes en viviendas autoconstruidas del distrito, permitiendo comparar la práctica constructiva local con los requisitos mínimos establecidos en la Norma E.070. Los resultados generarán información técnica objetiva que podrá emplearse como referencia para evaluaciones de vulnerabilidad estructural y mejora en el uso de materiales destinados a elementos portantes, contribuyendo así a fortalecer la seguridad de las edificaciones en un contexto de alta sismicidad.

1.4. Alcances y limitaciones

- Se analizaron las viviendas en ejecución bajo el sistema de albañilería confinada, por ser el sistema constructivo predominante en las edificaciones autoconstruidas del distrito.
- El estudio se circunscribe geográficamente al distrito de José Leonardo Ortiz, departamento de Lambayeque.
- Los resultados obtenidos corresponden únicamente a las muestras obtenidas y analizadas durante el periodo comprendido entre setiembre – diciembre del 2025.
- Los ensayos pertinentes se realizaron en laboratorio especializado externo a la universidad.

1.5. Hipótesis o solución del problema

Los muros portantes de las viviendas autoconstruidas en el distrito de José Leonardo Ortiz presentan una calidad deficiente, lo que compromete la seguridad estructural de las edificaciones.

1.6. Objetivo general

Evaluar la calidad de los muros portantes en viviendas autoconstruidas del distrito de José Leonardo Ortiz mediante la comparación de las características físico-mecánicas del ladrillo y mortero con los requisitos establecidos en la norma E.070.

1.7. Objetivos específicos

- Identificar el tipo de unidad de albañilería utilizado en la construcción de muros portantes en el distrito de José Leonardo Ortiz.
- Evaluar las pruebas clasificatorias (variabilidad dimensional, alabeo, y resistencia característica a compresión) de las muestras de ladrillo de las viviendas que se encuentran en construcción en el distrito de José Leonardo Ortiz.
- Evaluar las pruebas no clasificatorias (porcentaje de huecos) de las muestras de ladrillo de las viviendas que se encuentran en construcción en el distrito de José Leonardo Ortiz.
- Evaluar la calidad del mortero mediante la resistencia a compresión f'_c .
- Identificar el porcentaje de viviendas autoconstruidas cuyos ladrillos utilizados en muros portantes no cumplen con los requisitos normativos.
- Evaluar la resistencia a compresión axial (f'_m) de las pilas de ladrillo y la resistencia a compresión diagonal (v'_m) de las viviendas que se encuentran en construcción en el distrito de José Leonardo Ortiz.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Aguirre (2004), en su tesis de maestría, analizó las propiedades físico-mecánicas de unidades de arcilla elaboradas artesanalmente en la región central de Junín. Asimismo, evaluó

la calidad y la fluidez del mortero empleado, comparando los resultados obtenidos con los requisitos establecidos por la Norma E.070 vigente en el momento del estudio. Para ello se realizaron ensayos con unidades provenientes de cuatro ladrilleras artesanales previamente seleccionadas. Entre los principales resultados se reportó que, en términos de variabilidad dimensional y alabeo, las unidades fueron clasificadas como Tipo IV y Tipo V, lo que indica características aceptables según los criterios de evaluación. Sin embargo, el porcentaje de absorción superó el valor máximo recomendado (22%). En relación con la resistencia a compresión de las unidades (f'_b), se obtuvo un valor promedio de 39.41 kg/cm², inferior al mínimo establecido por la Norma (50 kg/cm²). Por otro lado, la resistencia a compresión de las pilas de albañilería (f'_m) presentó valores comprendidos entre 16.74 kg/cm² y 35.56 kg/cm², situándose en algunos casos ligeramente por encima del límite mínimo normativo de 35 kg/cm². Respecto al mortero, se registró una fluidez de 185.81% y una resistencia a compresión de 86.1 kg/cm², valor superior al de las unidades de albañilería, lo cual podría favorecer la aparición de fisuras iniciales en el ladrillo y posteriormente en el mortero.

Apaza (2021), en su tesis evaluó la calidad de las propiedades físico-mecánicas de unidades de albañilería de 18 huecos comercializadas en Juliaca-Puno. Para ello analizó muestras provenientes de cuatro comercializadoras de la zona (A, B, C y D), realizando ensayos orientados a determinar su comportamiento frente a los requisitos establecidos en la normativa correspondiente. Los resultados indicaron que, en el ensayo de variabilidad dimensional, todas las muestras fueron clasificadas como ladrillo tipo V. En el caso del alabeo, las muestras A, C y D también correspondieron al tipo V, mientras que la muestra B se clasificó como tipo IV. En relación con la resistencia a compresión de las unidades (f'_b), los valores obtenidos permitieron clasificar la muestra A como tipo II (70 kg/cm²), la muestra B como tipo I (57 kg/cm²), la muestra C como tipo III (119 kg/cm²) y la muestra D como tipo II (74 kg/cm²),

concluyendo que las unidades evaluadas presentaron un comportamiento satisfactorio respecto a los ensayos realizados.

Amache & Torres (2022) en su tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero civil tuvo como objetivo determinar la calidad de las unidades de albañilería en el distrito de Nuevo Chimbote según la norma E.070. Como conclusión se obtuvo que, de las 4 ladrilleras analizadas todas cumplen con la variabilidad dimensional sin embargo ninguna cumple con la resistencia mínima o requerida para obtener una clasificación tipo I por lo que dicha investigación recomienda un acercamiento a los pequeños empresarios de la zona y presentar la propuesta de diseño y capacitación al personal para una mejor elaboración de ladrillos de manera que cumplan con las disposiciones mínimas de la norma E.070.

Guerra (2017) en su tesis de grado tuvo como objetivo general evaluar la calidad de las unidades de albañilería de arcilla según Norma Técnica E.070 – Albañilería en la Provincia de Chiclayo para lo cual tomando una muestra 5 ladrilleras de las 115 existentes realizó los ensayos pertinentes para determinar si las unidades de albañilería de arcilla cumplen con los requisitos necesarios que indica la norma E.070. El tipo de investigación fue Aplicada – Descriptiva y se llegó a las siguientes conclusiones: Del ensayo de absorción se obtuvo que el 100% las unidades de albañilería estudiadas están por debajo del límite (22%) que establece la norma E.070. Del ensayo a la resistencia a la compresión en las unidades (f'_b), 2 ladrilleras no cumplen con la resistencia mínima (50 kg/cm²), 2 ladrilleras clasificaron como ladrillo tipo II y una ladrillera clasificó como ladrillo tipo III. Del ensayo a la resistencia a la compresión axial en las pilas (f'_m), 3 ladrilleras alcanzaron valores de 33.16 kg/cm², 30.40 kg/cm² y 22.99 kg/cm² los cuales no cumplen con la resistencia mínima que indica la Norma E.070 (35 kg/cm²) y las otras 2 ladrilleras alcanzaron valores de 67.68 kg/cm² y 73.48 kg/cm² los cuales superan la resistencia mínima para ladrillos King Kong Industrial (65kg/cm²).

Salazar (2018) evaluó el nivel de vulnerabilidad sísmica de 30 viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Jesús, aplicando la metodología propuesta por Kuroiwa y Mosqueira. La evaluación consideró parámetros como el estado actual de la vivienda, la densidad de muros y la estabilidad de tabiques al volteo. Los resultados mostraron que el 47% de las viviendas presentaban vulnerabilidad sísmica alta, evidenciando deficiencias en la configuración estructural y en la calidad constructiva, además del incumplimiento de los requerimientos mínimos de densidad de muros establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones. Se concluyó que la autoconstrucción sin asesoramiento técnico constituye uno de los principales factores que condicionan el comportamiento estructural inadecuado de este tipo de viviendas.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Ladrillo

El ladrillo es un material ampliamente utilizado en la construcción, elaborado principalmente a partir de arcilla y empleado en la ejecución de tabiques y muros portantes. El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, Norma E.070 Albañilería, 2006) define al ladrillo como una unidad cuyas dimensiones y peso permiten su manipulación manual con facilidad (pág. 19). En nuestro país, de manera general, se fabrican tres tipos principales de ladrillos: sólidos, huecos y tubulares.

La Norma Técnica Peruana NTP 339.017 (2015) establece que el ladrillo sólido es aquel cuya sección neta, medida en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento, es igual o superior al 75% de la sección bruta del mismo plano (pág. 10), sin embargo, el RNE (E.070 Albañilería, 2006) fija una sección neta mayor al 70% para considerarlo como tal.

Los ladrillos huecos son aquellos cuya sección neta es menor al 70% de la sección bruta de acuerdo a la norma E.070 y cabe remarcar que estos ladrillos son poco dúctiles, ocasionando

que tengan una falla frágil por lo que no es dable utilizarlos como componentes de muros portantes en nuestro medio aunque nuestra normativa lo permite solo en la zona sísmica 1.

En cuanto a los ladrillos tubulares, también conocidos como panderetas, se caracterizan por presentar huecos dispuestos paralelamente a la superficie donde se asientan. Debido a su configuración geométrica, estas unidades no deben emplearse con fines estructurales.

En este sentido, la Norma E.070 establece restricciones para el uso de ladrillos en elementos portantes, dependiendo de la zona sísmica donde se ubique la edificación, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería (ladrillo)

TIPO	ZONA SÍSMICA 2, 3 Y 4		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Nota. Tomado de Propuesta de Norma E.070 Albañilería (2019).

Teniendo en cuenta que el distrito de José Leonardo Ortiz se ubica en la zona sísmica 4, no es factible bajo ninguna circunstancia el utilizar ladrillos huecos o ladrillos tubulares para la construcción de muros portantes.

Las propiedades más importantes del ladrillo son las siguientes:

2.2.1.1. Variabilidad Dimensional

Es importante determinar la variabilidad dimensional puesto que permite calcular el espesor de las juntas de mortero (horizontales), entendiéndose que a mayor variabilidad dimensional se obtendrá una junta de mayor espesor implicando un decrecimiento de la resistencia a compresión ($f'm$) y resistencia al corte ($v'm$) de la albañilería. (San Bartolomé A., 1994).

Este parámetro, junto con el alabeo y la resistencia a compresión de las unidades, permite establecer la clasificación estructural del ladrillo en las categorías I, II, III, IV y V, tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA
	DIMENSIÓN (máxima en				CARACTERÍSTICA A
	porcentaje)				COMPRESIÓN (f _b
	Hasta	Hasta	Más de		mínimo en MPa (kg/cm²)
	100 mm	150 mm	150 mm		sobre área bruta)
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)

Nota. Tomado de Propuesta de Norma E.070 Albañilería (2019).

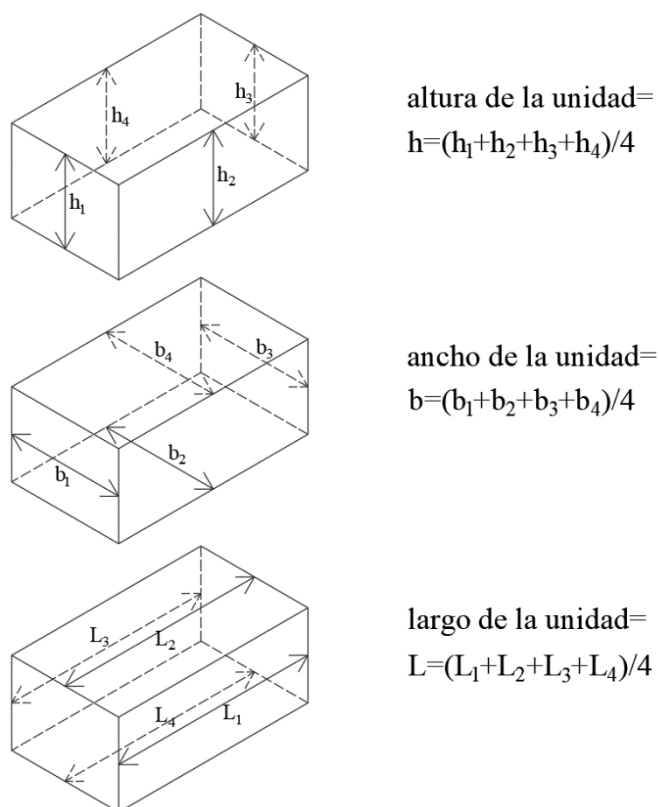
Usualmente los ladrillos tipo I, II y III son asociados a ladrillos artesanales por su baja resistencia mientras que los ladrillos tipo IV y V se les asocia con ladrillos industriales.

Es importante señalar que para clasificar una unidad de albañilería se utilizará siempre el criterio más desfavorable; por ejemplo, si un ladrillo clasificase como clase V en los ensayos de variabilidad dimensional y alabeo sin embargo si en el ensayo de resistencia característica a compresión f'_b clasificase como clase II, entonces dicho ladrillo clasificará finalmente como clase II. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018)

La prueba de variabilidad dimensional se realiza de acuerdo al procedimiento indicado en la norma (NTP 399.613, 2017) tomándose una muestra representativa de 10 ladrillos por cada lote. Se debe tomar 4 medidas tanto para el largo, ancho y altura ($L \times b \times h$) de cada unidad en milímetros en la zona media de cada cara. Obtenido el promedio de cada dimensión se calcula la variación en porcentaje por cada dimensión (largo, ancho y altura). En la Figura 2, se ilustra el procedimiento descrito:

Figura 2

Ensayo de Variabilidad Dimensional



2.2.1.2. Alabeo

El alabeo se refiere a la curvatura (deformación) que presentan los ladrillos en sus caras o bordes. Este defecto ocurre generalmente por secado o cocción insuficiente al ladrillo lo que causa esfuerzos internos en estos materiales.

Cuando el alabeo es elevado y se combina con una mayor variabilidad dimensional, se incrementa el espesor de las juntas de mortero por encima del valor nominal de 10 mm, lo cual afecta la adecuada transmisión de esfuerzos dentro del muro. Como consecuencia, se produce una disminución en la resistencia a compresión y en la resistencia al corte de la albañilería.

Según San Bartolomé, Quiun y Silva (2018), cuando las unidades presentan un mayor alabeo se reduce el área de contacto entre el ladrillo y el mortero, ya que se generan vacíos en las zonas deformadas. Esta situación también puede originar esfuerzos de tracción por flexión en la unidad, producto del peso que transmiten las hiladas superiores de la albañilería.

De acuerdo al procedimiento indicado por la norma (NTP 399.613, 2017) esta prueba se realizará en una superficie plana y se utilizará una regla metálica o una cuña milimétrica. En superficies cóncavas se colocará la regla longitudinal o diagonalmente y se medirá la máxima deflexión con una cuña milimétrica. En superficies convexas, el ladrillo se coloca sobre una superficie plana y se mide la distancia en cada esquina. Todas las distancias se registran con una aproximación de 1 mm. Este proceso se ilustra en la Figura 3.

Figura 3:

Ensayo de alabeo



Nota. Adaptado de Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería (pág. 58), por San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018, Fondo Editorial PUCP.

2.2.1.3. Resistencia a la compresión f'_b

La resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (f'_b) constituye una de las propiedades más relevantes del ladrillo, ya que influye directamente en la resistencia a compresión axial de la albañilería (f'_m). En este sentido, San Bartolomé (2005) señala que el ensayo de compresión permite obtener una medida representativa del comportamiento resistente de las unidades. Asimismo, indica que una unidad de menor altura puede presentar mayor resistencia que otra de mayor altura, aun cuando ambas hayan sido fabricadas en condiciones similares (p. 32).

La resistencia a compresión de la unidad se determina dividiendo la carga máxima aplicada durante el ensayo entre el área bruta de la unidad, independientemente de que el ladrillo sea hueco o sólido.

Cabe mencionar que en versiones anteriores de la Norma E.070 (1982) el cálculo de la resistencia se realizaba considerando el área neta de la unidad. Esta situación permitió que algunos fabricantes produjeran ladrillos con perforaciones de mayor tamaño, incrementando artificialmente los valores de resistencia obtenidos. En la actualidad, la norma establece que la resistencia debe calcularse utilizando el área bruta, lo que genera una clasificación más conservadora de las unidades (San Bartolomé, 2005).

De acuerdo con la Norma E.070 – Albañilería (2006), para determinar la resistencia característica a compresión axial de las unidades (f'_b) se debe considerar el promedio de las resistencias obtenidas en los ensayos y restar una desviación estándar (s), tal como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 1:

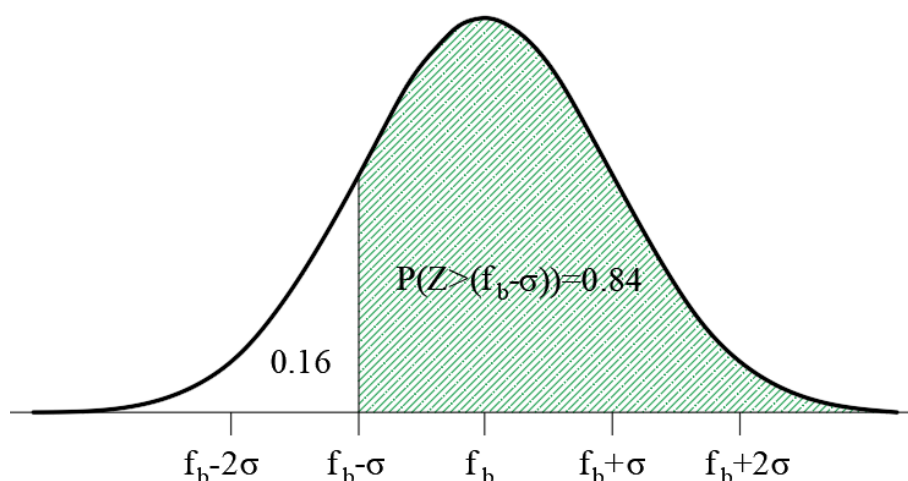
Resistencia característica a la compresión axial $f'b$

$$f'b = f_b - \sigma \quad (1)$$

Esto implica que aproximadamente el 84% de las unidades tendrán una igual o mayor resistencia característica ($f'b$). Ello se debe a que los resultados de los ensayos suelen distribuirse de manera aproximadamente normal (Figura 4), lo que brinda un nivel adecuado de confianza para afirmar que la mayoría de las unidades de albañilería cumplirán o superarán la resistencia requerida.

Figura 4:

Distribución normal de la Resistencia a compresión en unidades de albañilería



El ensayo se realiza siguiendo el procedimiento establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 399.613 (2017). Para ello, se coloca un recubrimiento (capping) de yeso o azufre sobre la superficie de asiento de la unidad, tras lo cual se aplica la carga axial (Figura 5) hasta alcanzar aproximadamente la mitad de la carga máxima estimada, empleando una velocidad adecuada. Posteriormente, se regulan los controles de la máquina de ensayo para que el resto

de la carga se aplique de manera uniforme, en un intervalo de tiempo no menor a un minuto ni mayor a dos minutos.

Figura 5:

Ensayo de resistencia a compresión axial f_b



Nota. Adaptado de *Ensayo de compresión de ladrillos* [Video], por Rodrigo Sebastián Rojas Alfaro - UPSJB - Los 13, 2022 (<https://www.youtube.com/watch?v=bhAd5IxxH-o>)

2.2.2. Mortero

El mortero es un material utilizado en la albañilería para unir las unidades de ladrillo durante el proceso de asentado. Su función principal es actuar como elemento de unión entre las piezas, permitiendo la adecuada adherencia y transmisión de esfuerzos entre ellas, por lo que constituye uno de los componentes fundamentales del sistema de albañilería (Abanto Castillo, 2017, p. 143).

De acuerdo con la Norma Técnica E.070 – Albañilería, el mortero se clasifica en dos tipos: mortero tipo P, empleado en la construcción de muros portantes, y mortero tipo NP, utilizado en muros no portantes, tal como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3*Tipos de mortero*

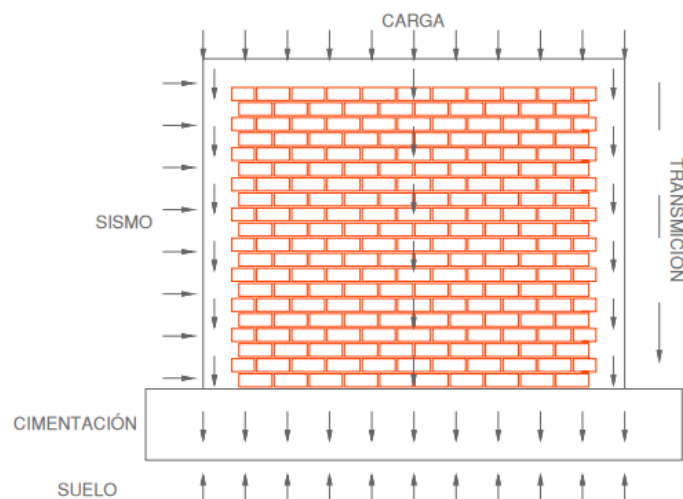
TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Nota. Tomado de Norma E.070 Albañilería (2006).

La incorporación de cal mejora la trabajabilidad y la capacidad de retención de agua del mortero, evitando que el agua se evapore rápidamente durante el asentado. No obstante, su uso puede omitirse siempre que se mantengan las proporciones indicadas en la Tabla 3.

2.2.3. Albañilería estructural

La albañilería es un sistema constructivo donde el componente principal son los muros y cuyo diseño es eficiente para transmitir tanto cargas gravitatorias y sísmicas hacia la cimentación del edificio (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

Figura 6*Transmisión de cargas hacia la cimentación*

Nota. Adaptado de Análisis y Diseño Estructural Comparativo entre Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada de una Vivienda Multifamiliar en la ciudad de Abancay (pág. 58), por Ramos, 2015, Universidad Alas Peruanas.

La norma E.070 de albañilería indica que para edificios de 3 o más pisos que se encuentran en una zona sísmica 4 se requiere realizar ensayos de laboratorio que permitan obtener los parámetros de resistencia de la albañilería a compresión axial y cortante, mismos que deberían ser utilizados en el diseño estructural. Para edificios de hasta 2 pisos es posible obtener estos parámetros de la Tabla 4.

Los procedimientos para realizar estos ensayos se encuentran regidos en las NTP 399.605 y 399.621.

Tabla 4

Resistencias características de la albañilería

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA MPa (kg/cm²)				
Materia	Denominación	UNIDAD	PILAS	MURETES
Prima		$f'b$	$f'm$	$v'm$
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Nota. Tomado de Norma E.070 Albañilería (2006).

Las propiedades más importantes del ladrillo son las siguientes:

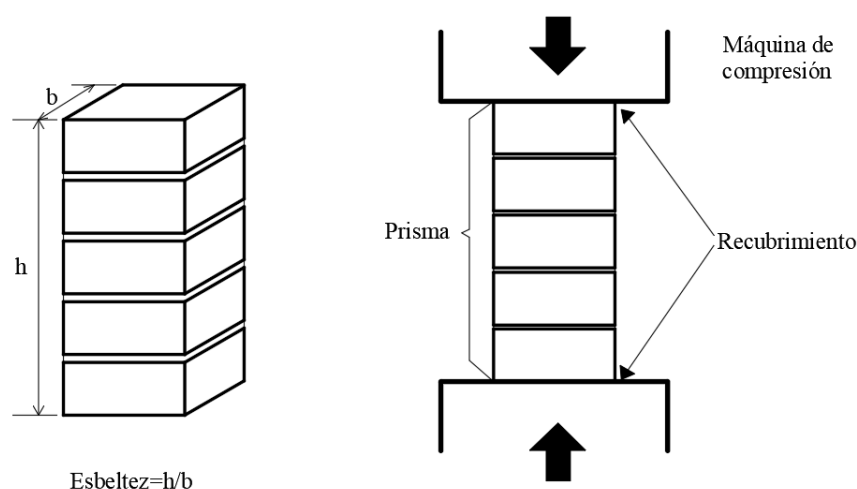
2.2.3.1. Resistencia de la albañilería a la compresión axial $f'm$

La resistencia a la compresión axial ($f'm$) mide la capacidad de un prisma de albañilería para soportar cargas aplicadas de manera coplanar y perpendicular a su eje longitudinal. Este ensayo utiliza una máquina que aplica carga de manera controlada hasta que ocurra la falla del prisma (Figura 7). Los resultados se calculan dividiendo la carga obtenida entre el área en planta del prisma. (Gallegos & Carlos, 2005).

Este ensayo permite obtener el tipo de falla y la calidad de la mano de obra y de materiales empleados.

Figura 7

Ensayo de resistencia a compresión axial $f'b$



Para realizar este ensayo deberá tenerse en cuenta la esbeltez del prisma puesto que el $f'm$ arroja valores mayores para esbelteces pequeñas que para grandes. Es por eso que la Norma E.070 considera unos factores de corrección (Tabla 5) para esbelteces que oscilan entre 2 y 5 teniendo como estándar al valor 5 (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

Tabla 5*Factores de corrección f_m por esbeltez*

FACTORES DE CORRECCIÓN f_m POR ESBELTEZ						
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. Tomado de Norma E.070 Albañilería (2006).

(San Bartolome & Alvaro, 1999) realizaron una serie de ensayos de resistencia a compresión axial y diagonal sobre especímenes de albañilería para determinar coeficientes de corrección para edades menores a los 28 días (3, 7, 14 y 21 días) obteniendo como conclusión que dichos factores dependerán del tipo de ensayo acotándose que para especímenes ensayados antes de los 14 días tienden a arrojar valores muy dispersos, por lo que la edad mínima para realizar estos ensayos será de 14 días tal como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6*Incremento de f'_m y v'_m por edad*

INCREMENTO DE f'_m y v'_m POR EDAD			
Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y bloques de concreto	1,10	1,00

Nota. Tomado de Norma E.070 Albañilería (2006).

Es deseable que el tipo de falla sea por compresión debido al efecto Poisson que una falla por trituración por dar indicios de una fragilidad la cual generalmente se presenta con

unidades huecas. Es común también que se presente fallas por aplastamiento local generalmente en ladrillos artesanales. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018)

2.2.3.2. Resistencia de la albañilería a la compresión diagonal $v'm$

Es la capacidad de un muro para resistir esfuerzos cortantes aplicados de manera oblicua. Este ensayo permite obtener el tipo de falla y la calidad de la mano de obra y de materiales empleados.

El ensayo más utilizado para evaluar la resistencia al corte o tracción diagonal en la albañilería es el ensayo de compresión diagonal. Esto se debe a la similitud entre las fallas observadas durante el ensayo y las fallas de ciertos muros sometidos a acciones sísmicas (Figura 8). Aunque varios investigadores lo consideran representativo, las condiciones de borde en el ensayo suelen diferir de la realidad. (Gallegos & Carlos, 2005)

Figura 8

Similitud de falla en murete (izquierda) y muro real (derecha)

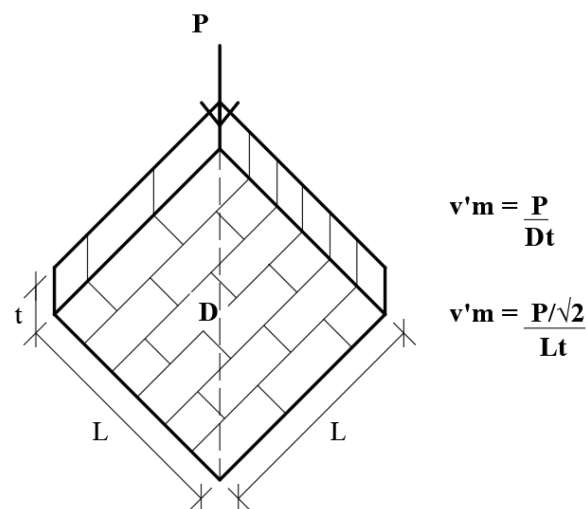


Nota. Adaptado de Comentarios a la Norma Técnica de edificación E.070 Albañilería (pág. 66), por San Bartolomé, 2005, SENCICO.

La resistencia de la albañilería a la compresión diagonal ($v'm$) se obtiene dividiendo la carga última aplicada al murete entre el área perpendicular a la carga formada por la diagonal del murete tal como se muestra en la Figura 9 .

Figura 9

Ensayo de resistencia a compresión diagonal $v'm$



El tipo de falla que ocurra en el murete da referencias acerca del grado de adherencia mortero-unidad, es decir que se obtendrán fallas que atraviesan tanto a las unidades como al mortero cuando dicha adherencia sea óptima o fallas “escalonadas” (Figura 10) debido a la escasa adherencia mortero-unidad lo cual es indeseable (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

Figura 10

Falla por tracción diagonal y escalonado en murete



Nota. Adaptado de Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería (pág. 92), por San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018, Fondo Editorial PUCP.

En los muretes formados por unidades huecas (alveolares), la cavidad que entrará en contacto con el cabezal del equipo de ensayo deberá rellenarse con mortero en proporción 1:3 antes de aplicar el ensayo, esto con el fin de prevenir una falla local debido a la concentración de esfuerzo que se originaría. (Abanto, 2017)

Al igual que para el ensayo de resistencia a compresión axial (f'_m) se aplicarán coeficientes de corrección para especímenes ensayados antes de los 28 días según se muestra en la Tabla 6.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipificación de la investigación

La investigación será no experimental del tipo descriptiva y con enfoque cuantitativo puesto que se observarán y analizarán las características de los ladrillos sin manipular variables, y se recopilarán datos medibles para obtener resultados objetivos.

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 7

Operacionalización de variables

VARIABLE	VARIABLES INTERMEDIAS	INDICADOR	MEDICIÓN	VALORACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
La calidad de los muros portantes de las viviendas autoconstruidas en el distrito de José Leonardo Ortiz	Calidad del mortero	Resistencia a la compresión	kg/cm ²	CV ≤ 20% (mezcla uniforme) CV > 20% (alta variabilidad)	Ensayo de resistencia a la compresión f ^c (NTP 334.051)
	Calidad de las unidades de albañilería	Variabilidad dimensional	%	I, II, III, IV, V o No Clasificable	Ensayo de variabilidad dimensional (NTP 399.613)
		Alabeo	mm	I, II, III, IV, V o No Clasificable	Ensayo de alabeo (NTP 399.613)
		Porcentaje de área de vacíos	%	>30% (unidad hueca) <30% (unidad sólida)	Ensayo de Medida de área de vacíos en unidades perforadas (NTP 399.613)
		Resistencia a la compresión (f ^b)	kg/cm ²	≥ 50 kg/cm ² (resistencia mínima)	Ensayo de resistencia a la compresión f ^b (NTP 399.613)
	Calidad de la albañilería	Resistencia a la compresión axial (f ^m)	kg/cm ²	≥ 35 kg/cm ² (resistencia mínima)	Ensayo de resistencia a la compresión de prismas de albañilería (NTP 399.605)
		Resistencia a la compresión diagonal (v ^m)	kg/cm ²	≥ 5.1 kg/cm ² (resistencia mínima)	Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería (NTP 399.621)

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estará constituida por las viviendas en etapa de construcción dentro del distrito de José Leonardo Ortiz que presentan un carácter informal (autoconstruidas) y que emplean ladrillos en la construcción de sus muros portantes. Para determinar la cantidad exacta de viviendas que cumplen con estas características, se realizó un recorrido en todo el distrito de José Leonardo Ortiz obteniéndose un total de 48 viviendas.

3.3.2. Muestra

Para seleccionar la muestra representativa de las viviendas autoconstruidas en el distrito de José Leonardo Ortiz, se aplicará la Ecuación 2 que sirve para determinar el tamaño de la muestra en poblaciones finitas dada la cantidad total de 48 viviendas informales actualmente en construcción. La ecuación utilizada es la siguiente:

Ecuación 2: Tamaño de muestra para poblaciones finitas

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (2)$$

donde:

- “N” es el tamaño de la población o universo (48).
- “Z” es el valor de la distribución normal para un nivel de confianza determinado (1.645 para el 90% de confianza).
- “p” es la probabilidad de éxito (0.90).
- “q” es la probabilidad de fracaso (0.10).

- “e” es el error de estimación tolerable (0.10).

Reemplazando los valores en la ecuación (2) se tiene una muestra de 16 viviendas donde por cada vivienda seleccionada se recolectarán 40 ladrillos destinados a ser utilizados en muros portantes para someterlos a sus respectivos ensayos y compararlos con los requisitos establecidos en la norma E.070.

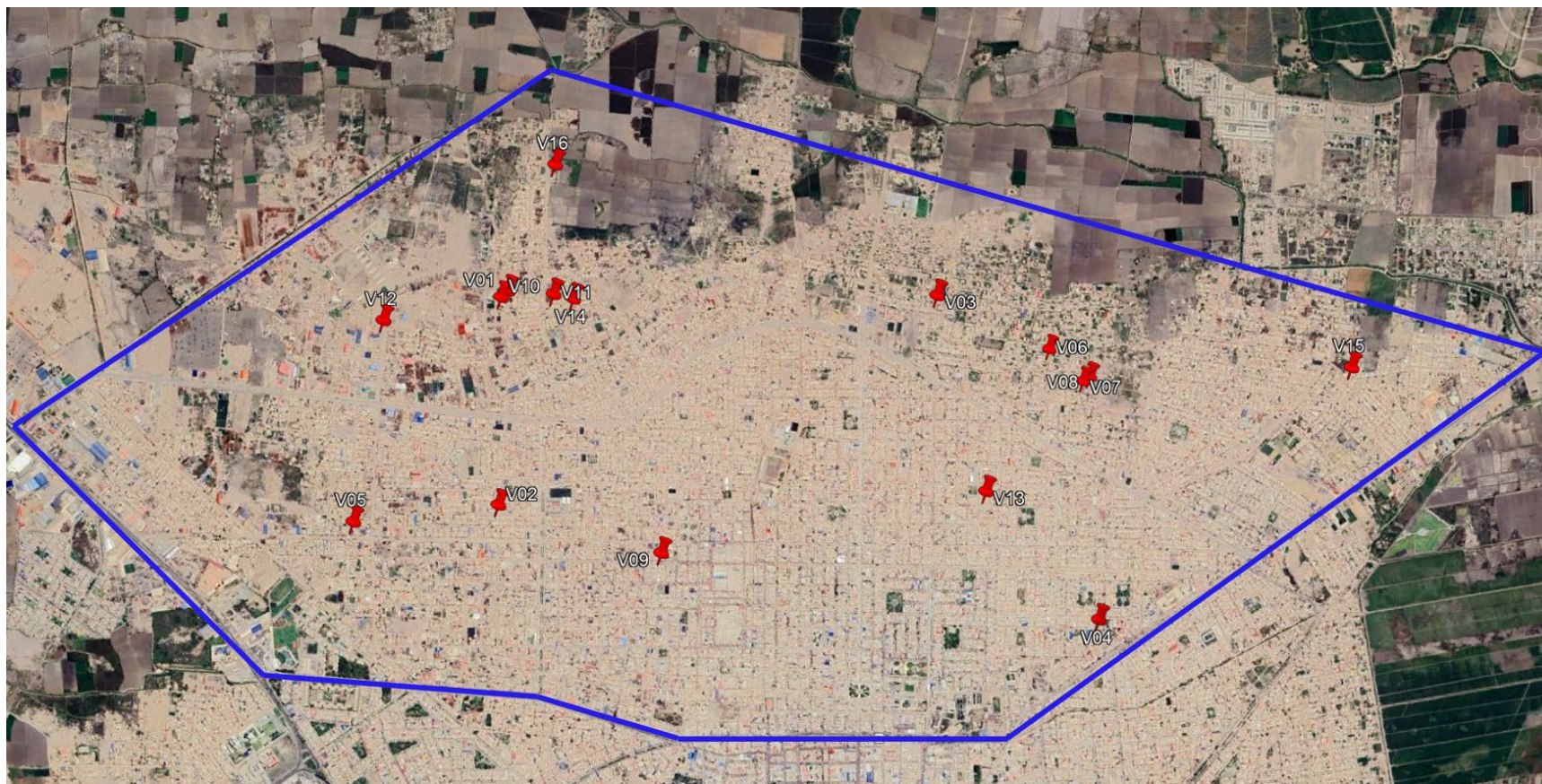
De estos 40 ladrillos, se realizarán dos ensayos de resistencia a la compresión diagonal ($v'm$); además, se efectuarán dos ensayos de resistencia a la compresión axial ($f'm$) y tres ensayos de resistencia a la compresión de las unidades ($f'b$). Asimismo, se llevarán a cabo ensayos de alabeo, porcentaje de huecos y variabilidad dimensional para evaluar las características físico-mecánicas de los ladrillos.

Adicionalmente, se recolectarán tres muestras de mortero por cada vivienda seleccionada, destinadas a realizar tres ensayos de resistencia a la compresión ($f'c$), utilizando una muestra de mortero para cada ensayo.

Se recolectaron muestras en 16 viviendas en autoconstrucción distribuidas en todo el distrito de José Leonardo Ortiz las cuales se pueden visualizar en la Figura 11.

Figura 11

Viviendas muestreadas en el distrito de José Leonardo Ortiz



3.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

Tabla 8

Técnicas e instrumentos para la investigación

CATEGORÍA		DETALLE
Técnicas de recolección de datos	Observación	Identificación de viviendas en autoconstrucción y destino de los ladrillos (tabiquería o muro portante)
	Ensayos en campo	Variación Dimensional
		Alabeo
	Ensayos en laboratorio	Porcentaje de Huecos
		Resistencia a la compresión f_b
		Resistencia a la compresión axial f_m
		Resistencia a la compresión diagonal $v'm$
		Resistencia a la compresión f_c
Instrumentos	Gabinete	Laptop
		Normativa nacional (RNE)
		Software (Word, Excel, PowerPoint)
	Campo	Cámara Fotográfica
		Vernier y cinta métrica
		Cuñas milimétricas
		Regla metálica
	Laboratorio	Balanza de precisión
		Máquina de ensayo a compresión
		Probeta de 500 ml
	Formatos	Formato de ensayo de variabilidad dimensional
		Formato de ensayo de alabeo
		Formato de ensayo de porcentaje de huecos
		Formato de ensayo de resistencia f_b
		Formato de ensayo de resistencia axial f_m
		Formato de ensayo de resistencia diagonal $v'm$
		Formato de ensayo de resistencia f_c

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propiedades en el mortero

4.1.1. Resistencia característica a la compresión f'_c

La norma E.070 no especifica un valor mínimo para la resistencia a compresión del mortero sin embargo este ensayo nos da un índice acerca de la calidad de la mano de obra existente al momento de realizar el asentado de la albañilería. Se realizó este ensayo a todas las viviendas que son parte de esta investigación obteniéndose 3 probetas in situ por cada vivienda (Figura 12) que se encontraba en “autoconstrucción” ensayándose a los 28 días para obtener el valor real de f'_c . Para obtener la muestra de mortero se utilizó un molde triple de plástico tal como se muestra en la figura, obteniéndose 3 probetas cúbicas de 5 x 5x 5 cm.

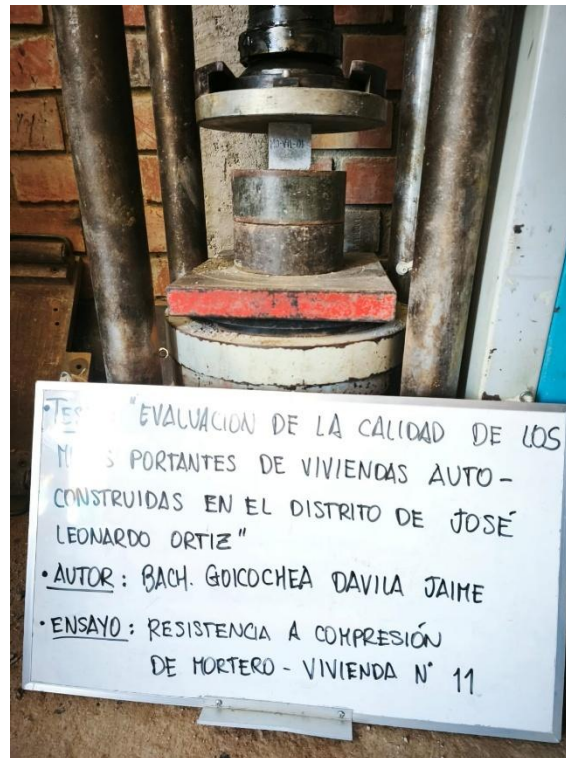
Figura 12

Molde para probetas cúbicas de mortero



Figura 13

Ensayo de resistencia a compresión del mortero en máquina de compresión



Se realizó los ensayos en la máquina de compresión de concreto (Figura 13),
obteniéndose los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 9

Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 1)

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA f_c (kg/cm ²)
1	MO-V1-01	28	2540	101.60
1	MO-V1-02	28	2420	96.80
1	MO-V1-03	28	3210	128.40
$f_c =$				108.93
$\sigma =$				17.03
CV =				15.63%

Tabla 10*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 2)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
2	MO-V2-01	28	4760	190.40
2	MO-V2-02	28	5270	210.80
2	MO-V2-03	28	4860	194.40
f_c =				198.53
σ =				10.81
CV =				5.44%

Tabla 11*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 3)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
3	MO-V3-01	28	4190	167.60
3	MO-V3-02	28	3610	144.40
3	MO-V3-03	28	3730	149.20
f_c =				153.73
σ =				12.25
CV =				7.97%

Tabla 12*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 4)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
4	MO-V4-01	28	2930	117.20
4	MO-V4-02	28	2850	114.00
4	MO-V4-03	28	2950	118.00
f_c =				116.40
σ =				2.12
CV =				1.82%

Tabla 13*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 5)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
5	MO-V5-01	28	1950	78.00
5	MO-V5-02	28	1910	76.40
5	MO-V5-03	28	2090	83.60
f_c =				79.33
σ =				3.78
CV =				4.77%

Tabla 14*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 6)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
6	MO-V6-01	28	2810	112.40
6	MO-V6-02	28	2750	110.00
6	MO-V6-03	28	2500	100.00
f_c =				107.47
σ =				6.58
CV =				6.12%

Tabla 15*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 7)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
7	MO-V7-01	28	950	38.00
7	MO-V7-02	28	950	38.00
7	MO-V7-03	28	1030	41.20
f_c =				39.07
σ =				1.85
CV =				4.73%

Tabla 16*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 8)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm²)
8	MO-V8-01	28	880	35.20
8	MO-V8-02	28	830	33.20
8	MO-V8-03	28	850	34.00
f_c =				34.13
σ =				1.01
CV =				2.95%

Tabla 17*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 9)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm²)
9	MO-V9-01	28	1857.8934	74.32
9	MO-V9-02	28	1386.792	55.47
9	MO-V9-03	28	1692.702	67.71
f_c =				65.83
σ =				9.56
CV =				14.52%

Tabla 18*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 10)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm²)
10	MO-V10-01	28	1890.5238	75.62
10	MO-V10-02	28	1526.4909	61.06
10	MO-V10-03	28	1972.0998	78.88
f_c =				71.85
σ =				9.49
CV =				13.21%

Tabla 19*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 11)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
11	MO-V11-01	28	1009.503	40.38
11	MO-V11-02	28	1180.8126	47.23
11	MO-V11-03	28	1015.6212	40.62
f_c =				42.75
σ =				3.89
CV =				9.09%

Tabla 20*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 12)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
12	MO-V12-01	28	2799.0765	111.96
12	MO-V12-02	28	2355.507	94.22
12	MO-V12-03	28	2577.8016	103.11
f_c =				103.10
σ =				8.87
CV =				8.60%

Tabla 21*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 13)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
13	MO-V13-01	28	3430.2708	137.21
13	MO-V13-02	28	3306.8871	132.28
13	MO-V13-03	28	3009.1347	120.37
f_c =				129.95
σ =				8.66
CV =				6.66%

Tabla 22*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 14)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
14	MO-V14-01	28	954.4392	38.18
14	MO-V14-02	28	917.73	36.71
14	MO-V14-03	28	862.6662	34.51
f_c =				36.46
σ =				1.85
CV =				5.07%

Tabla 23*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 15)*

VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
15	MO-V15-01	28	1320.5115	52.82
15	MO-V15-02	28	1182.852	47.31
15	MO-V15-03	28	1219.5612	48.78
f_c =				49.64
σ =				2.85
CV =				5.74%

Tabla 24*Resistencia a compresión del mortero (Vivienda 16)*

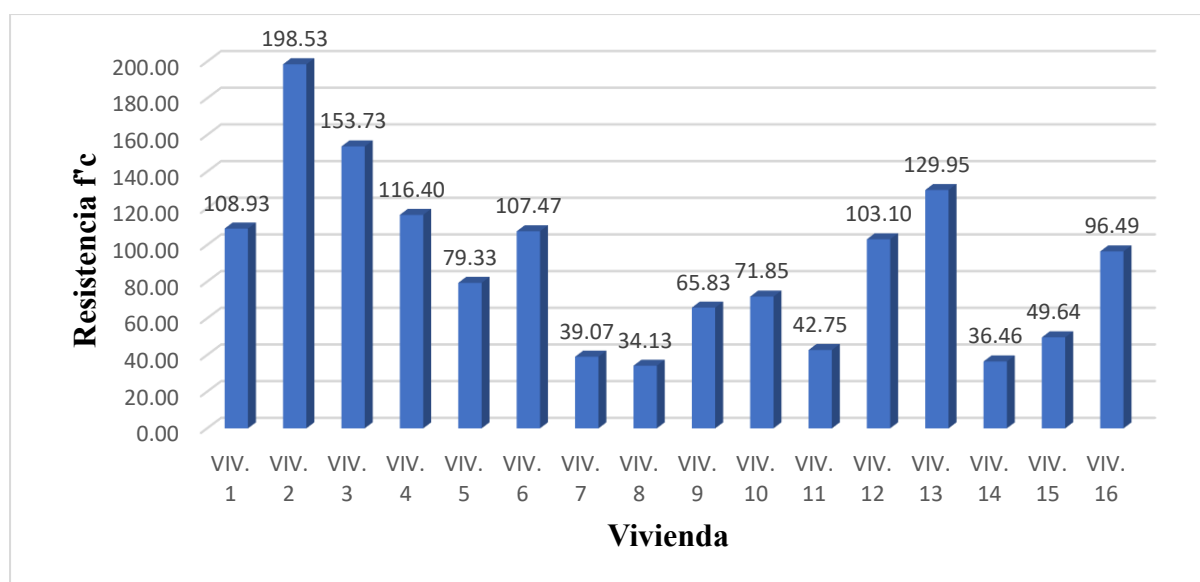
VIVIENDA N°	PROBETA	# DIAS DE CURADO	CARGA (kg)	RESISTENCIA fc (kg/cm ²)
16	MO-V16-01	28	2725.6581	109.03
16	MO-V16-02	28	2234.1627	89.37
16	MO-V16-03	28	2276.9901	91.08
f_c =				96.49
σ =				10.89
CV =				11.29%

Resumen e interpretación de resultados:

Los valores obtenidos de resistencia a compresión (f_c) varían entre 34.13 kg/cm² y 198.53 kg/cm², lo cual evidencia una amplia dispersión de resultados entre las distintas viviendas analizadas. Esta variabilidad se debe principalmente a las diferencias en la dosificación de los materiales y el control de mezclado (mano de obra), características comunes en procesos de autoconstrucción.

Gráfico 1

Resistencia a compresión f_c del mortero por vivienda

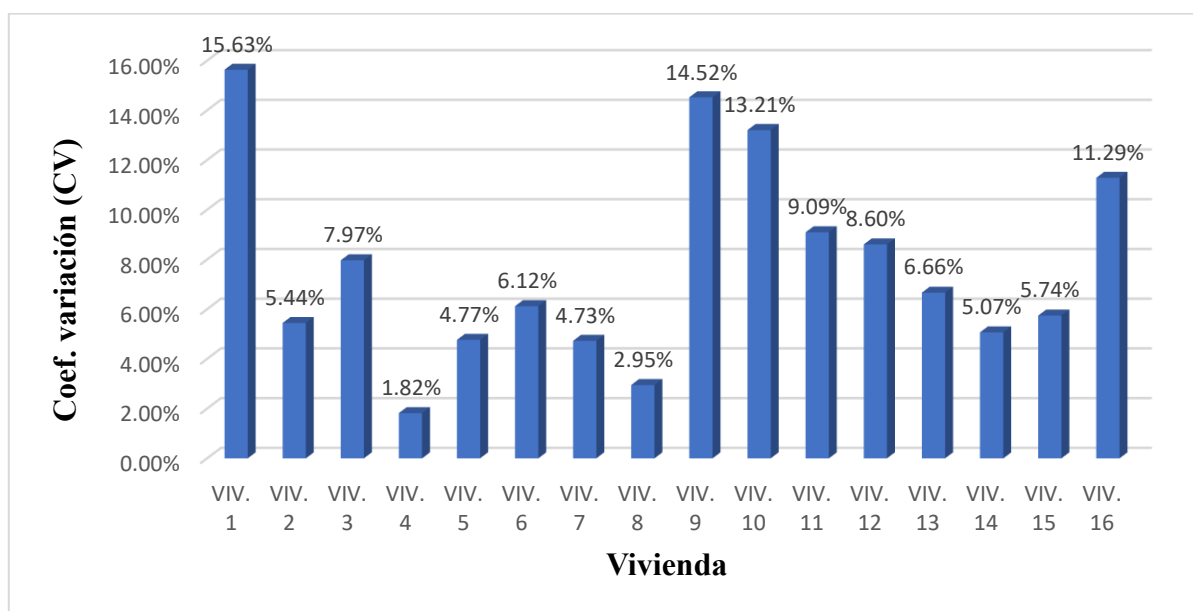


El coeficiente de variación (CV) obtenido en los ensayos oscila entre 1.82 % y 15.63 % (Gráfico 2), valores que se consideran estadísticamente aceptables de acuerdo con los criterios de control de calidad para materiales cementicios, el cual indica que una dispersión inferior al 20 % refleja una adecuada uniformidad en los resultados de resistencia.

Es decir, aunque existen diferencias significativas entre las distintas viviendas evaluadas, dentro de cada vivienda se mantuvo una cierta consistencia en la preparación y colocación del mortero.

Gráfico 2

Coeficiente de variación (CV) para f_c del mortero por vivienda



4.2. Propiedades en la unidad de albañilería

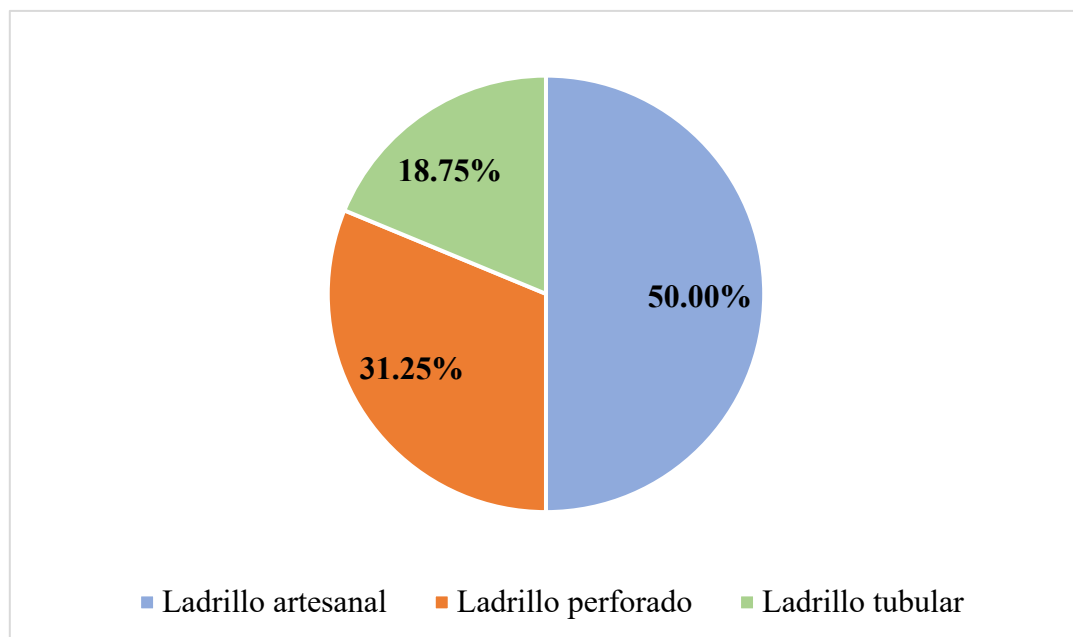
Se realizaron los ensayos que corresponden a los ladrillos recolectados en toda la muestra de la presente investigación. Los ensayos de Variabilidad dimensional, alabeo y resistencia a compresión f'_b permitirán clasificar de acuerdo a la norma E.070 y el ensayo de porcentaje de área de vacíos permitirá conocer si los ladrillos perforados que se usan en las autoconstrucciones cumplen con el área máxima de vacíos que solicita la norma vigente (30%).

En cuanto al tipo de unidad de albañilería empleada en las viviendas evaluadas, se identificó que el 50% corresponde a ladrillo artesanal, el 31.25% a ladrillo industrial perforado y el 18.75% a unidades tipo tubular (Gráfico 3). Esta distribución evidencia una heterogeneidad en el tipo de ladrillo utilizado en muros portantes dentro del distrito de José Leonardo Ortiz, predominando el uso de ladrillo artesanal.

La diversidad en el tipo de unidad empleada constituye un factor relevante en el análisis de los resultados físico-mecánicos, dado que los procesos de fabricación artesanal suelen presentar menor control dimensional y mecánico en comparación con las unidades industriales.

Gráfico 3

Distribución del tipo de unidad de albañilería empleada en autoconstrucciones



4.2.1. Variabilidad Dimensional

De cada vivienda muestreada se consideró 10 ladrillos para realizar el ensayo de variabilidad dimensional, extrayéndose las medidas de las caras centrales del ladrillo en mm (Figura 14), de manera que permita obtener el promedio por cada dimensión (largo, ancho y alto), de acuerdo a lo especificado por la NTP 399.613.

Figura 14

Extracción de medidas en ladrillos (Vivienda 8)



Los resultados permiten identificar el grado de uniformidad dimensional de las unidades, primer parámetro para la clasificación del ladrillo según la norma E.070, ya que una mayor variabilidad dimensional implica juntas de mortero más gruesas y, en consecuencia, una reducción de la resistencia a la compresión ($f'm$) y al corte ($v'm$) de la albañilería.

Los resultados para la variabilidad dimensional se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 25

Variabilidad dimensional - largo de la unidad (Vivienda 1)

VIV. N°	ESPECIMEN N°	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V1	L-01	212.00	210.00	212.00	212.00	211.50
V1	L-02	213.00	218.00	212.00	212.00	213.75
V1	L-03	214.00	220.00	214.00	213.00	215.25
V1	L-04	218.00	214.00	214.00	210.00	214.00
V1	L-05	212.00	216.00	214.00	209.00	212.75
V1	L-06	216.00	217.00	212.00	211.00	214.00
V1	L-07	216.00	210.00	211.00	212.00	212.25
V1	L-08	215.00	220.00	211.00	211.00	214.25
V1	L-09	219.00	216.00	210.00	213.00	214.50
V1	L-10	213.00	214.00	215.00	213.00	213.75
Medida Promedio (mm)					MP =	213.60
Medida del fabricante (mm)					ME =	210.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.71%

Tabla 26*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 1)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V1	L-01	118.00	120.00	121.00	120.00	119.75
V1	L-02	117.00	123.00	119.00	119.00	119.50
V1	L-03	119.00	123.00	121.00	121.00	121.00
V1	L-04	121.00	115.00	119.00	121.00	119.00
V1	L-05	116.00	123.00	121.00	118.00	119.50
V1	L-06	119.00	121.00	116.00	118.00	118.50
V1	L-07	123.00	114.00	119.00	116.00	118.00
V1	L-08	117.00	122.00	118.00	118.00	118.75
V1	L-09	115.00	120.00	119.00	117.00	117.75
V1	L-10	120.00	123.00	123.00	119.00	121.25
Medida Promedio (mm)					MP =	119.30
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.58%

Tabla 27*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 1)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V1	L-01	82.00	87.00	82.00	83.00	83.50
V1	L-02	84.00	83.00	84.00	86.00	84.25
V1	L-03	80.00	84.00	85.00	84.00	83.25
V1	L-04	84.00	85.00	84.00	82.00	83.75
V1	L-05	85.00	80.00	81.00	85.00	82.75
V1	L-06	82.00	83.00	85.00	82.00	83.00
V1	L-07	82.00	82.00	79.00	87.00	82.50
V1	L-08	82.00	84.00	83.00	84.00	83.25
V1	L-09	82.00	85.00	85.00	88.00	85.00
V1	L-10	82.00	83.00	79.00	78.00	80.50
Medida Promedio (mm)					MP =	83.18
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	85.00
Variación Dimensional (%)					V% =	2.15%

Tabla 28*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 2)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V2	L-01	240.00	242.00	241.00	239.00	240.50
V2	L-02	239.00	239.00	237.00	235.00	237.50
V2	L-03	236.00	238.00	238.00	236.00	237.00
V2	L-04	239.00	238.00	237.00	239.00	238.25
V2	L-05	239.00	239.00	238.00	237.00	238.25
V2	L-06	238.00	240.00	239.00	236.00	238.25
V2	L-07	240.00	241.00	237.00	240.00	239.50
V2	L-08	240.00	240.00	241.00	237.00	239.50
V2	L-09	238.00	239.00	237.00	238.00	238.00
V2	L-10	241.00	240.00	240.00	237.00	239.50
Medida Promedio (mm)					MP =	238.63
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	240.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.57%

Tabla 29*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 2)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V2	L-01	119.00	119.00	118.00	118.00	118.50
V2	L-02	122.00	121.00	119.00	120.00	120.50
V2	L-03	121.00	120.00	119.00	119.00	119.75
V2	L-04	120.00	120.00	118.00	119.00	119.25
V2	L-05	121.00	120.00	119.00	119.00	119.75
V2	L-06	122.00	121.00	119.00	120.00	120.50
V2	L-07	120.00	120.00	119.00	118.00	119.25
V2	L-08	121.00	121.00	120.00	119.00	120.25
V2	L-09	122.00	121.00	120.00	120.00	120.75
V2	L-10	121.00	121.00	120.00	119.00	120.25
Medida Promedio (mm)					MP =	119.88
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.10%

Tabla 30*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 2)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V2	L-01	90.00	90.00	88.00	90.00	89.50
V2	L-02	88.00	88.00	88.00	89.00	88.25
V2	L-03	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
V2	L-04	90.00	89.00	90.00	89.00	89.50
V2	L-05	90.00	90.00	90.00	91.00	90.25
V2	L-06	90.00	90.00	90.00	89.00	89.75
V2	L-07	90.00	90.00	91.00	90.00	90.25
V2	L-08	90.00	90.00	89.00	89.00	89.50
V2	L-09	89.00	90.00	89.00	90.00	89.50
V2	L-10	89.00	89.00	89.00	88.00	88.75
Medida Promedio (mm)					MP =	89.53
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	90.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.53%

Tabla 31*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 3)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V3	L-01	218.00	211.00	213.00	214.00	214.00
V3	L-02	210.00	214.00	210.00	212.00	211.50
V3	L-03	214.00	219.00	210.00	210.00	213.25
V3	L-04	219.00	212.00	211.00	212.00	213.50
V3	L-05	217.00	213.00	214.00	215.00	214.75
V3	L-06	219.00	211.00	213.00	213.00	214.00
V3	L-07	214.00	207.00	212.00	211.00	211.00
V3	L-08	212.00	208.00	212.00	210.00	210.50
V3	L-09	215.00	213.00	213.00	216.00	214.25
V3	L-10	211.00	222.00	216.00	218.00	216.75
Medida Promedio (mm)					MP =	213.35
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	210.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.60%

Tabla 32*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 3)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V3	L-01	124.00	119.00	123.00	122.00	122.00
V3	L-02	119.00	120.00	119.00	121.00	119.75
V3	L-03	121.00	118.00	119.00	120.00	119.50
V3	L-04	119.00	121.00	121.00	121.00	120.50
V3	L-05	122.00	118.00	119.00	122.00	120.25
V3	L-06	121.00	117.00	121.00	119.00	119.50
V3	L-07	122.00	118.00	120.00	121.00	120.25
V3	L-08	121.00	119.00	121.00	119.00	120.00
V3	L-09	123.00	119.00	117.00	120.00	119.75
V3	L-10	120.00	123.00	122.00	124.00	122.25
Medida Promedio (mm)					MP =	120.38
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.31%

Tabla 33*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 3)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V3	L-01	82.00	81.00	81.00	83.00	81.75
V3	L-02	80.00	79.00	83.00	81.00	80.75
V3	L-03	80.00	80.00	80.00	78.00	79.50
V3	L-04	82.00	80.00	80.78	82.00	81.33
V3	L-05	85.00	78.00	78.00	84.00	81.25
V3	L-06	81.00	82.00	82.00	83.00	82.00
V3	L-07	80.00	79.00	79.00	83.00	80.25
V3	L-08	80.00	82.00	82.00	79.00	80.75
V3	L-09	82.00	84.00	84.00	84.00	83.50
V3	L-10	82.00	82.00	82.00	78.00	81.00
Medida Promedio (mm)					MP =	81.21
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	85.00
Variación Dimensional (%)					V% =	4.46%

Tabla 34*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 4)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V4	L-01	238.00	237.00	236.00	236.00	236.75
V4	L-02	242.00	242.00	239.00	237.00	240.00
V4	L-03	239.00	237.00	238.00	236.00	237.50
V4	L-04	242.00	242.00	239.00	240.00	240.75
V4	L-05	239.00	239.00	238.00	237.00	238.25
V4	L-06	239.00	240.00	238.00	237.00	238.50
V4	L-07	242.00	242.00	240.00	238.00	240.50
V4	L-08	243.00	241.00	240.00	240.00	241.00
V4	L-09	238.00	240.00	238.00	237.00	238.25
V4	L-10	240.00	240.00	237.00	238.00	238.75
Medida Promedio (mm)					MP =	239.03
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	240.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.41%

Tabla 35*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 4)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V4	L-01	121.00	121.00	118.00	118.00	119.50
V4	L-02	120.00	120.00	118.00	118.00	119.00
V4	L-03	121.00	121.00	119.00	119.00	120.00
V4	L-04	120.00	120.00	118.00	119.00	119.25
V4	L-05	121.00	121.00	119.00	121.00	120.50
V4	L-06	121.00	121.00	119.00	118.00	119.75
V4	L-07	119.00	121.00	120.00	118.00	119.50
V4	L-08	120.00	120.00	118.00	118.00	119.00
V4	L-09	120.00	120.00	118.00	117.00	118.75
V4	L-10	121.00	121.00	118.00	119.00	119.75
Medida Promedio (mm)					MP =	119.50
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.42%

Tabla 36*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 4)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V4	L-01	90.00	90.00	88.00	88.00	89.00
V4	L-02	89.00	89.00	89.00	88.00	88.75
V4	L-03	89.00	89.00	89.00	90.00	89.25
V4	L-04	89.00	89.00	89.00	88.00	88.75
V4	L-05	90.00	90.00	91.00	90.00	90.25
V4	L-06	89.00	90.00	89.00	89.00	89.25
V4	L-07	89.00	89.00	88.00	88.00	88.50
V4	L-08	90.00	90.00	88.00	90.00	89.50
V4	L-09	89.00	88.00	88.00	89.00	88.50
V4	L-10	89.00	90.00	89.00	89.00	89.25
Medida Promedio (mm)					MP =	89.10
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	90.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.00%

Tabla 37*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 5)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V5	L-01	209.00	209.00	211.00	210.00	209.75
V5	L-02	207.00	218.00	205.00	211.00	210.25
V5	L-03	213.00	207.00	212.00	211.00	210.75
V5	L-04	212.00	215.00	211.00	215.00	213.25
V5	L-05	210.00	211.00	211.00	211.00	210.75
V5	L-06	204.00	205.00	206.00	208.00	205.75
V5	L-07	206.00	205.00	210.00	210.00	207.75
V5	L-08	210.00	211.00	211.00	211.00	210.75
V5	L-09	209.00	205.00	206.00	210.00	207.50
V5	L-10	213.00	213.00	211.00	211.00	212.00
Medida Promedio (mm)					MP =	209.85
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	210.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.07%

Tabla 38*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 5)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V5	L-01	112.00	117.00	117.00	115.00	115.25
V5	L-02	118.00	122.00	118.00	121.00	119.75
V5	L-03	114.00	119.00	118.00	119.00	117.50
V5	L-04	114.00	119.00	117.00	120.00	117.50
V5	L-05	115.00	119.00	115.00	116.00	116.25
V5	L-06	117.00	121.00	120.00	120.00	119.50
V5	L-07	119.00	122.00	120.00	121.00	120.50
V5	L-08	115.00	118.00	117.00	117.00	116.75
V5	L-09	114.00	118.00	117.00	115.00	116.00
V5	L-10	122.00	118.00	122.00	119.00	120.25
Medida Promedio (mm)					MP =	117.93
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.73%

Tabla 39*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 5)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V5	L-01	86.00	85.00	86.00	87.00	86.00
V5	L-02	85.00	85.00	87.00	81.00	84.50
V5	L-03	85.00	83.00	87.00	86.00	85.25
V5	L-04	87.00	85.00	86.00	85.00	85.75
V5	L-05	84.00	82.00	86.00	85.00	84.25
V5	L-06	86.00	84.00	82.00	89.00	85.25
V5	L-07	85.00	85.00	87.00	81.00	84.50
V5	L-08	85.00	86.00	86.00	85.00	85.50
V5	L-09	86.00	87.00	82.00	85.00	85.00
V5	L-10	85.00	85.00	79.00	88.00	84.25
Medida Promedio (mm)					MP =	85.03
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	85.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.03%

Tabla 40*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 6)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V6	L-01	211.00	215.00	212.00	214.00	213.00
V6	L-02	212.00	211.00	212.00	213.00	212.00
V6	L-03	213.00	212.00	209.00	215.00	212.25
V6	L-04	212.00	206.00	211.00	212.00	210.25
V6	L-05	213.00	210.00	211.00	211.00	211.25
V6	L-06	211.00	211.00	211.00	213.00	211.50
V6	L-07	211.00	215.00	212.00	211.00	212.25
V6	L-08	216.00	212.00	211.00	211.00	212.50
V6	L-09	209.00	208.00	203.00	209.00	207.25
V6	L-10	211.00	210.00	203.00	210.00	208.50
Medida Promedio (mm)					MP =	211.08
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	210.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.51%

Tabla 41*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 6)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V6	L-01	118.00	122.00	120.00	120.00	120.00
V6	L-02	118.00	122.00	121.00	120.00	120.25
V6	L-03	116.00	123.00	121.00	120.00	120.00
V6	L-04	122.00	118.00	120.00	120.00	120.00
V6	L-05	116.00	122.00	122.00	118.00	119.50
V6	L-06	120.00	116.00	119.00	119.00	118.50
V6	L-07	116.00	120.00	121.00	120.00	119.25
V6	L-08	119.00	124.00	122.00	120.00	121.25
V6	L-09	121.00	119.00	123.00	119.00	120.50
V6	L-10	122.00	119.00	120.00	124.00	121.25
Medida Promedio (mm)					MP =	120.05
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.04%

Tabla 42*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 6)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V6	L-01	80.00	79.00	81.00	81.00	80.25
V6	L-02	81.00	81.00	81.00	82.00	81.25
V6	L-03	80.00	79.00	80.00	79.00	79.50
V6	L-04	80.00	81.00	82.00	83.00	81.50
V6	L-05	80.00	81.00	84.00	81.00	81.50
V6	L-06	80.00	79.00	81.00	81.00	80.25
V6	L-07	81.00	81.00	80.00	77.00	79.75
V6	L-08	81.00	78.00	83.00	81.00	80.75
V6	L-09	82.00	82.00	79.00	82.00	81.25
V6	L-10	83.00	79.00	77.00	80.00	79.75
Medida Promedio (mm)					MP =	80.58
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	85.00
Variación Dimensional (%)					V% =	5.21%

Tabla 43*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 7)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V7	L-01	221.00	220.00	219.00	223.00	220.75
V7	L-02	221.00	222.00	221.00	220.00	221.00
V7	L-03	220.00	221.00	218.00	221.00	220.00
V7	L-04	222.00	221.00	219.00	221.00	220.75
V7	L-05	222.00	218.00	220.00	222.00	220.50
V7	L-06	220.00	223.00	220.00	220.00	220.75
V7	L-07	221.00	219.00	220.00	217.00	219.25
V7	L-08	221.00	219.00	221.00	218.00	219.75
V7	L-09	218.00	221.00	216.00	220.00	218.75
V7	L-10	222.00	220.00	220.00	220.00	220.50
Medida Promedio (mm)					MP =	220.20
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	220.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.09%

Tabla 44*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 7)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V7	L-01	115.00	116.00	115.00	114.00	115.00
V7	L-02	114.00	113.00	114.00	114.00	113.75
V7	L-03	113.00	113.00	113.00	112.00	112.75
V7	L-04	114.00	113.00	115.00	115.00	114.25
V7	L-05	114.00	115.00	114.00	115.00	114.50
V7	L-06	115.00	114.00	115.00	114.00	114.50
V7	L-07	113.00	114.00	113.00	114.00	113.50
V7	L-08	114.00	114.00	113.00	114.00	113.75
V7	L-09	113.00	113.00	113.00	112.00	112.75
V7	L-10	114.00	115.00	114.00	115.00	114.50
Medida Promedio (mm)					MP =	113.93
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	110.00
Variación Dimensional (%)					V% =	3.57%

Tabla 45*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 7)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V7	L-01	89.00	93.00	89.00	90.00	90.25
V7	L-02	90.00	92.00	89.00	90.00	90.25
V7	L-03	90.00	91.00	90.00	90.00	90.25
V7	L-04	93.00	91.00	92.00	91.00	91.75
V7	L-05	93.00	93.00	92.00	92.00	92.50
V7	L-06	92.00	92.00	92.00	90.00	91.50
V7	L-07	92.00	91.00	90.00	90.00	90.75
V7	L-08	92.00	92.00	91.00	90.00	91.25
V7	L-09	90.00	90.00	89.00	90.00	89.75
V7	L-10	92.00	92.00	91.00	92.00	91.75
Medida Promedio (mm)					MP =	91.00
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	90.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.11%

Tabla 46*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 8)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V8	L-01	212.00	216.00	211.00	213.00	213.00
V8	L-02	213.00	216.00	213.00	213.00	213.75
V8	L-03	209.00	210.00	212.00	212.00	210.75
V8	L-04	212.00	216.00	213.00	213.00	213.50
V8	L-05	212.00	213.00	213.00	212.00	212.50
V8	L-06	209.00	214.00	212.00	214.00	212.25
V8	L-07	212.00	216.00	215.00	215.00	214.50
V8	L-08	208.00	210.00	211.00	210.00	209.75
V8	L-09	213.00	218.00	215.00	217.00	215.75
V8	L-10	210.00	214.00	213.00	213.00	212.50
Medida Promedio (mm)					MP =	212.83
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	210.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.35%

Tabla 47*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 8)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V8	L-01	118.00	122.00	118.00	119.00	119.25
V8	L-02	119.00	123.00	120.00	120.00	120.50
V8	L-03	121.00	118.00	119.00	118.00	119.00
V8	L-04	117.00	122.00	119.00	119.00	119.25
V8	L-05	118.00	121.00	119.00	118.00	119.00
V8	L-06	116.00	123.00	120.00	119.00	119.50
V8	L-07	119.00	121.00	121.00	121.00	120.50
V8	L-08	119.00	121.00	117.00	119.00	119.00
V8	L-09	118.00	122.00	122.00	120.00	120.50
V8	L-10	120.00	121.00	119.00	120.00	120.00
Medida Promedio (mm)					MP =	119.65
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.29%

Tabla 48*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 8)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V8	L-01	88.00	88.00	88.00	90.00	88.50
V8	L-02	88.00	88.00	89.00	85.00	87.50
V8	L-03	88.00	89.00	88.00	89.00	88.50
V8	L-04	89.00	89.00	88.00	91.00	89.25
V8	L-05	88.00	88.00	92.00	89.00	89.25
V8	L-06	88.00	90.00	90.00	85.00	88.25
V8	L-07	88.00	88.00	85.00	91.00	88.00
V8	L-08	88.00	88.00	88.00	90.00	88.50
V8	L-09	86.00	66.00	90.00	88.00	82.50
V8	L-10	89.00	87.00	90.00	85.00	87.75
Medida Promedio (mm)					MP =	87.80
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	85.00
Variación Dimensional (%)					V% =	3.29%

Tabla 49*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 9)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V9	L-01	233.00	231.00	232.00	229.00	231.25
V9	L-02	232.00	231.00	232.00	231.00	231.50
V9	L-03	233.00	228.00	233.00	231.00	231.25
V9	L-04	231.00	230.00	231.00	231.00	230.75
V9	L-05	229.00	232.00	227.00	232.00	230.00
V9	L-06	231.00	230.00	231.00	230.00	230.50
V9	L-07	231.00	232.00	230.00	232.00	231.25
V9	L-08	233.00	230.00	228.00	232.00	230.75
V9	L-09	230.00	230.00	227.00	232.00	229.75
V9	L-10	229.00	231.00	230.00	230.00	230.00
Medida Promedio (mm)					MP =	230.70
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	230.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.30%

Tabla 50*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 9)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V9	L-01	112.00	112.00	112.00	113.00	112.25
V9	L-02	111.00	111.00	112.00	112.00	111.50
V9	L-03	111.00	111.00	114.00	112.00	112.00
V9	L-04	111.00	111.00	110.00	110.00	110.50
V9	L-05	114.00	113.00	112.00	112.00	112.75
V9	L-06	110.00	111.00	112.00	111.00	111.00
V9	L-07	112.00	111.00	112.00	110.00	111.25
V9	L-08	113.00	113.00	111.00	111.00	112.00
V9	L-09	114.00	114.00	112.00	112.00	113.00
V9	L-10	112.00	111.00	111.00	110.00	111.00
Medida Promedio (mm)					MP =	111.73
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	110.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.57%

Tabla 51*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 9)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V9	L-01	92.00	92.00	91.00	90.00	91.25
V9	L-02	91.00	91.00	92.00	92.00	91.50
V9	L-03	90.00	89.00	90.00	93.00	90.50
V9	L-04	91.00	92.00	91.00	91.00	91.25
V9	L-05	91.00	92.00	88.00	89.00	90.00
V9	L-06	91.00	90.00	92.00	92.00	91.25
V9	L-07	92.00	92.00	89.00	90.00	90.75
V9	L-08	92.00	91.00	91.00	91.00	91.25
V9	L-09	92.00	90.00	93.00	90.00	91.25
V9	L-10	92.00	91.00	91.00	90.00	91.00
Medida Promedio (mm)					MP =	91.00
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	90.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.11%

Tabla 52*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 10)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V10	L-01	242.00	241.00	240.00	239.00	240.50
V10	L-02	242.00	239.00	240.00	238.00	239.75
V10	L-03	241.00	241.00	241.00	240.00	240.75
V10	L-04	241.00	242.00	238.00	238.00	239.75
V10	L-05	240.00	241.00	240.00	239.00	240.00
V10	L-06	239.00	239.00	237.00	236.00	237.75
V10	L-07	241.00	241.00	239.00	238.00	239.75
V10	L-08	240.00	239.00	240.00	240.00	239.75
V10	L-09	238.00	237.00	238.00	239.00	238.00
V10	L-10	239.00	240.00	239.00	238.00	239.00
Medida Promedio (mm)					MP =	239.50
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	240.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.21%

Tabla 53*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 10)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V10	L-01	119.00	117.00	119.00	119.00	118.50
V10	L-02	118.00	117.00	117.00	117.00	117.25
V10	L-03	116.00	116.00	117.00	117.00	116.50
V10	L-04	118.00	119.00	118.00	118.00	118.25
V10	L-05	116.00	117.00	116.00	116.00	116.25
V10	L-06	116.00	117.00	118.00	117.00	117.00
V10	L-07	118.00	117.00	119.00	119.00	118.25
V10	L-08	118.00	118.00	117.00	117.00	117.50
V10	L-09	116.00	117.00	118.00	118.00	117.25
V10	L-10	116.00	116.00	116.00	116.00	116.00
Medida Promedio (mm)					MP =	117.28
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	2.27%

Tabla 54*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 10)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V10	L-01	89.00	90.00	90.00	92.00	90.25
V10	L-02	85.00	87.00	87.00	87.00	86.50
V10	L-03	88.00	89.00	88.00	89.00	88.50
V10	L-04	87.00	87.00	87.00	89.00	87.50
V10	L-05	87.00	88.00	87.00	86.00	87.00
V10	L-06	87.00	86.00	85.00	85.00	85.75
V10	L-07	86.00	86.00	85.00	85.00	85.50
V10	L-08	90.00	90.00	90.00	89.00	89.75
V10	L-09	90.00	89.00	90.00	89.00	89.50
V10	L-10	85.00	86.00	86.00	86.00	85.75
Medida Promedio (mm)					MP =	87.60
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	90.00
Variación Dimensional (%)					V% =	2.67%

Tabla 55*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 11)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V11	L-01	211.00	212.00	211.00	213.00	211.75
V11	L-02	217.00	210.00	212.00	218.00	214.25
V11	L-03	215.00	213.00	213.00	213.00	213.50
V11	L-04	216.00	214.00	215.00	213.00	214.50
V11	L-05	217.00	211.00	211.00	213.00	213.00
V11	L-06	215.00	210.00	211.00	211.00	211.75
V11	L-07	214.00	218.00	215.00	218.00	216.25
V11	L-08	214.00	212.00	213.00	215.00	213.50
V11	L-09	208.00	210.00	213.00	213.00	211.00
V11	L-10	213.00	212.00	212.00	210.00	211.75
Medida Promedio (mm)					MP =	213.13
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	210.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.49%

Tabla 56*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 11)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V11	L-01	122.00	120.00	116.00	121.00	119.75
V11	L-02	120.00	121.00	119.00	124.00	121.00
V11	L-03	121.00	121.00	119.00	123.00	121.00
V11	L-04	120.00	121.00	122.00	119.00	120.50
V11	L-05	120.00	122.00	121.00	118.00	120.25
V11	L-06	120.00	121.00	122.00	117.00	120.00
V11	L-07	121.00	122.00	123.00	125.00	122.75
V11	L-08	120.00	120.00	122.00	116.00	119.50
V11	L-09	123.00	118.00	121.00	121.00	120.75
V11	L-10	120.00	120.00	117.00	120.00	119.25
Medida Promedio (mm)					MP =	120.48
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.40%

Tabla 57*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 11)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V11	L-01	81.00	80.00	81.00	82.00	81.00
V11	L-02	82.00	81.00	80.00	80.00	80.75
V11	L-03	81.00	80.00	80.00	79.00	80.00
V11	L-04	82.00	80.00	78.00	83.00	80.75
V11	L-05	80.00	83.00	84.00	78.00	81.25
V11	L-06	79.00	81.00	82.00	83.00	81.25
V11	L-07	80.00	82.00	75.00	89.00	81.50
V11	L-08	81.00	81.00	78.00	84.00	81.00
V11	L-09	75.00	80.00	81.00	78.00	78.50
V11	L-10	80.00	82.00	84.00	81.00	81.75
Medida Promedio (mm)					MP =	80.78
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	80.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.97%

Tabla 58*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 12)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V12	L-01	230.00	231.00	230.00	231.00	230.50
V12	L-02	230.00	228.00	228.00	230.00	229.00
V12	L-03	231.00	231.00	228.00	230.00	230.00
V12	L-04	230.00	231.00	231.00	230.00	230.50
V12	L-05	229.00	230.00	230.00	228.00	229.25
V12	L-06	230.00	231.00	228.00	230.00	229.75
V12	L-07	231.00	231.00	231.00	230.00	230.75
V12	L-08	232.00	230.00	229.00	230.00	230.25
V12	L-09	231.00	231.00	230.00	229.00	230.25
V12	L-10	230.00	230.00	230.00	230.00	230.00
Medida Promedio (mm)					MP =	230.03
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	230.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.01%

Tabla 59*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 12)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V12	L-01	125.00	124.00	125.00	124.00	124.50
V12	L-02	125.00	124.00	123.00	125.00	124.25
V12	L-03	121.00	125.00	126.00	126.00	124.50
V12	L-04	125.00	125.00	123.00	122.00	123.75
V12	L-05	126.00	126.00	126.00	126.00	126.00
V12	L-06	125.00	126.00	126.00	126.00	125.75
V12	L-07	124.00	123.00	123.00	125.00	123.75
V12	L-08	126.00	125.00	126.00	126.00	125.75
V12	L-09	125.00	125.00	126.00	126.00	125.50
V12	L-10	124.00	125.00	124.00	124.00	124.25
Medida Promedio (mm)					MP =	124.80
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	4.00%

Tabla 60*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 12)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V12	L-01	91.00	90.00	90.00	90.00	90.25
V12	L-02	88.00	87.00	87.00	87.00	87.25
V12	L-03	88.00	89.00	88.00	87.00	88.00
V12	L-04	88.00	89.00	89.00	88.00	88.50
V12	L-05	86.00	89.00	88.00	87.00	87.50
V12	L-06	88.00	86.00	86.00	87.00	86.75
V12	L-07	89.00	90.00	90.00	89.00	89.50
V12	L-08	89.00	87.00	88.00	89.00	88.25
V12	L-09	87.00	89.00	87.00	87.00	87.50
V12	L-10	87.00	89.00	88.00	87.00	87.75
Medida Promedio (mm)					MP =	88.13
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	90.00
Variación Dimensional (%)					V% =	2.08%

Tabla 61*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 13)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V13	L-01	230.00	230.00	228.00	232.00	230.00
V13	L-02	230.00	230.00	231.00	231.00	230.50
V13	L-03	229.00	228.00	226.00	229.00	228.00
V13	L-04	231.00	229.00	231.00	230.00	230.25
V13	L-05	230.00	229.00	230.00	230.00	229.75
V13	L-06	234.00	233.00	234.00	238.00	234.75
V13	L-07	232.00	232.00	231.00	231.00	231.50
V13	L-08	230.00	232.00	232.00	231.00	231.25
V13	L-09	230.00	232.00	232.00	230.00	231.00
V13	L-10	230.00	230.00	230.00	229.00	229.75
Medida Promedio (mm)					MP =	230.68
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	230.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.29%

Tabla 62*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 13)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V13	L-01	121.00	121.00	122.00	120.00	121.00
V13	L-02	119.00	120.00	121.00	121.00	120.25
V13	L-03	120.00	120.00	121.00	120.00	120.25
V13	L-04	120.00	120.00	121.00	121.00	120.50
V13	L-05	117.00	120.00	119.00	119.00	118.75
V13	L-06	120.00	120.00	122.00	122.00	121.00
V13	L-07	119.00	121.00	120.00	120.00	120.00
V13	L-08	121.00	121.00	119.00	120.00	120.25
V13	L-09	120.00	120.00	121.00	120.00	120.25
V13	L-10	121.00	120.00	120.00	120.00	120.25
Medida Promedio (mm)					MP =	120.25
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.21%

Tabla 63*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 13)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V13	L-01	90.00	90.00	90.00	89.00	89.75
V13	L-02	89.00	90.00	89.00	90.00	89.50
V13	L-03	91.00	90.00	91.00	91.00	90.75
V13	L-04	90.00	89.00	90.00	89.00	89.50
V13	L-05	93.00	93.00	91.00	92.00	92.25
V13	L-06	91.00	90.00	91.00	92.00	91.00
V13	L-07	87.00	87.00	88.00	88.00	87.50
V13	L-08	92.00	90.00	91.00	90.00	90.75
V13	L-09	91.00	90.00	90.00	90.00	90.25
V13	L-10	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
Medida Promedio (mm)					MP =	90.13
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	90.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.14%

Tabla 64*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 14)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V14	L-01	212.00	211.00	211.00	213.00	211.75
V14	L-02	212.00	212.00	212.00	207.00	210.75
V14	L-03	212.00	215.00	215.00	212.00	213.50
V14	L-04	212.00	212.00	217.00	208.00	212.25
V14	L-05	213.00	210.00	209.00	205.00	209.25
V14	L-06	213.00	210.00	210.00	212.00	211.25
V14	L-07	211.00	212.00	209.00	211.00	210.75
V14	L-08	213.00	212.00	212.00	213.00	212.50
V14	L-09	211.00	211.00	210.00	211.00	210.75
V14	L-10	204.00	209.00	208.00	212.00	208.25
Medida Promedio (mm)					MP =	211.10
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	210.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.52%

Tabla 65*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 14)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V14	L-01	117.00	121.00	120.00	119.00	119.25
V14	L-02	116.00	121.00	119.00	117.00	118.25
V14	L-03	119.00	121.00	118.00	120.00	119.50
V14	L-04	122.00	120.00	120.00	121.00	120.75
V14	L-05	115.00	120.00	119.00	119.00	118.25
V14	L-06	117.00	119.00	120.00	118.00	118.50
V14	L-07	120.00	118.00	120.00	122.00	120.00
V14	L-08	120.00	120.00	120.00	117.00	119.25
V14	L-09	119.00	118.00	120.00	120.00	119.25
V14	L-10	118.00	119.00	116.00	120.00	118.25
Medida Promedio (mm)					MP =	119.13
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.73%

Tabla 66*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 14)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V14	L-01	77.00	83.00	80.00	80.00	80.00
V14	L-02	77.00	80.00	81.00	79.00	79.25
V14	L-03	76.00	83.00	82.00	78.00	79.75
V14	L-04	78.00	82.00	81.00	82.00	80.75
V14	L-05	78.00	77.00	80.00	78.00	78.25
V14	L-06	81.00	79.00	81.00	77.00	79.50
V14	L-07	79.00	82.00	82.00	80.00	80.75
V14	L-08	81.00	80.00	76.00	82.00	79.75
V14	L-09	79.00	78.00	80.00	82.00	79.75
V14	L-10	82.00	80.00	79.00	84.00	81.25
Medida Promedio (mm)					MP =	79.90
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	80.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.12%

Tabla 67*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 15)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V15	L-01	221.00	222.00	220.00	219.00	220.50
V15	L-02	224.00	220.00	218.00	223.00	221.25
V15	L-03	223.00	221.00	217.00	218.00	219.75
V15	L-04	225.00	221.00	221.00	224.00	222.75
V15	L-05	225.00	222.00	225.00	221.00	223.25
V15	L-06	221.00	221.00	224.00	221.00	221.75
V15	L-07	220.00	223.00	220.00	223.00	221.50
V15	L-08	223.00	223.00	223.00	220.00	222.25
V15	L-09	220.00	224.00	223.00	220.00	221.75
V15	L-10	221.00	220.00	222.00	222.00	221.25
Medida Promedio (mm)					MP =	221.60
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	220.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.73%

Tabla 68*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 15)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V15	L-01	108.00	108.00	109.00	109.00	108.50
V15	L-02	105.00	107.00	108.00	107.00	106.75
V15	L-03	106.00	107.00	107.00	106.00	106.50
V15	L-04	106.00	106.00	108.00	106.00	106.50
V15	L-05	108.00	108.00	108.00	109.00	108.25
V15	L-06	109.00	110.00	108.00	109.00	109.00
V15	L-07	109.00	108.00	108.00	108.00	108.25
V15	L-08	108.00	109.00	108.00	107.00	108.00
V15	L-09	108.00	108.00	108.00	109.00	108.25
V15	L-10	108.00	109.00	109.00	109.00	108.75
Medida Promedio (mm)					MP =	107.88
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	110.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.93%

Tabla 69*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 15)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V15	L-01	84.00	85.00	89.00	89.00	86.75
V15	L-02	88.00	88.00	85.00	87.00	87.00
V15	L-03	89.00	89.00	85.00	85.00	87.00
V15	L-04	89.00	89.00	85.00	87.00	87.50
V15	L-05	90.00	90.00	88.00	87.00	88.75
V15	L-06	89.00	89.00	87.00	88.00	88.25
V15	L-07	91.00	90.00	88.00	88.00	89.25
V15	L-08	88.00	89.00	88.00	87.00	88.00
V15	L-09	90.00	91.00	88.00	88.00	89.25
V15	L-10	90.00	90.00	89.00	89.00	89.50
Medida Promedio (mm)					MP =	88.13
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	90.00
Variación Dimensional (%)					V% =	2.08%

Tabla 70*Variabilidad dimensional – largo de la unidad (Vivienda 16)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	LARGO (mm)				
		L1	L2	L3	L4	LP
V16	L-01	220.00	223.00	219.00	219.00	220.25
V16	L-02	221.00	220.00	216.00	221.00	219.50
V16	L-03	214.00	217.00	217.00	215.00	215.75
V16	L-04	216.00	220.00	215.00	219.00	217.50
V16	L-05	216.00	221.00	216.00	214.00	216.75
V16	L-06	214.00	218.00	214.00	214.00	215.00
V16	L-07	213.00	220.00	217.00	206.00	214.00
V16	L-08	216.00	220.00	216.00	214.00	216.50
V16	L-09	217.00	218.00	217.00	215.00	216.75
V16	L-10	218.00	223.00	217.00	216.00	218.50
Medida Promedio (mm)					MP =	217.05
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	220.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.34%

Tabla 71*Variabilidad dimensional – ancho de la unidad (Vivienda 16)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ANCHO (mm)				
		A1	A2	A3	A4	AP
V16	L-01	120.00	115.00	124.00	121.00	120.00
V16	L-02	120.00	123.00	123.00	121.00	121.75
V16	L-03	120.00	120.00	116.00	120.00	119.00
V16	L-04	120.00	120.00	116.00	124.00	120.00
V16	L-05	124.00	122.00	121.00	127.00	123.50
V16	L-06	125.00	124.00	121.00	126.00	124.00
V16	L-07	120.00	121.00	120.00	124.00	121.25
V16	L-08	121.00	122.00	121.00	124.00	122.00
V16	L-09	122.00	119.00	117.00	123.00	120.25
V16	L-10	123.00	126.00	120.00	127.00	124.00
Medida Promedio (mm)					MP =	121.58
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	120.00
Variación Dimensional (%)					V% =	1.31%

Tabla 72*Variabilidad dimensional – altura de la unidad (Vivienda 16)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	ALTURA (mm)				
		H1	H2	H3	H4	HP
V16	L-01	84.00	85.00	81.00	85.00	83.75
V16	L-02	90.00	86.00	85.00	86.00	86.75
V16	L-03	82.00	85.00	85.00	82.00	83.50
V16	L-04	84.00	85.00	84.00	81.00	83.50
V16	L-05	83.00	82.00	82.00	85.00	83.00
V16	L-06	82.00	83.00	84.00	85.00	83.50
V16	L-07	85.00	89.00	86.00	85.00	86.25
V16	L-08	85.00	85.00	85.00	86.00	85.25
V16	L-09	85.00	84.00	84.00	85.00	84.50
V16	L-10	87.00	84.00	86.00	87.00	86.00
Medida Promedio (mm)					MP =	84.60
Medida Especificada del fabricante (mm)					ME =	85.00
Variación Dimensional (%)					V% =	0.47%

Tabla 73*Resumen y clasificación de unidad de albañilería según variabilidad dimensional*

VIV. Nº	VD largo	VD ancho	VD altura	Clasif. Según VD
V1	1.71%	0.58%	2.15%	Tipo IV
V2	0.57%	0.10%	0.53%	Tipo V
V3	1.60%	0.31%	4.46%	Tipo III
V4	0.41%	0.42%	1.00%	Tipo V
V5	0.07%	1.73%	0.03%	Tipo V
V6	0.51%	0.04%	5.21%	Tipo II
V7	0.09%	3.57%	1.11%	Tipo III
V8	1.35%	0.29%	3.29%	Tipo IV
V9	0.30%	1.57%	1.11%	Tipo V
V10	0.21%	2.27%	2.67%	Tipo IV
V11	1.49%	0.40%	0.97%	Tipo IV
V12	0.01%	4.00%	2.08%	Tipo III
V13	0.29%	0.21%	0.14%	Tipo V
V14	0.52%	0.73%	0.12%	Tipo V
V15	0.73%	1.93%	2.08	Tipo V
V16	1.34%	1.31%	0.47%	Tipo IV

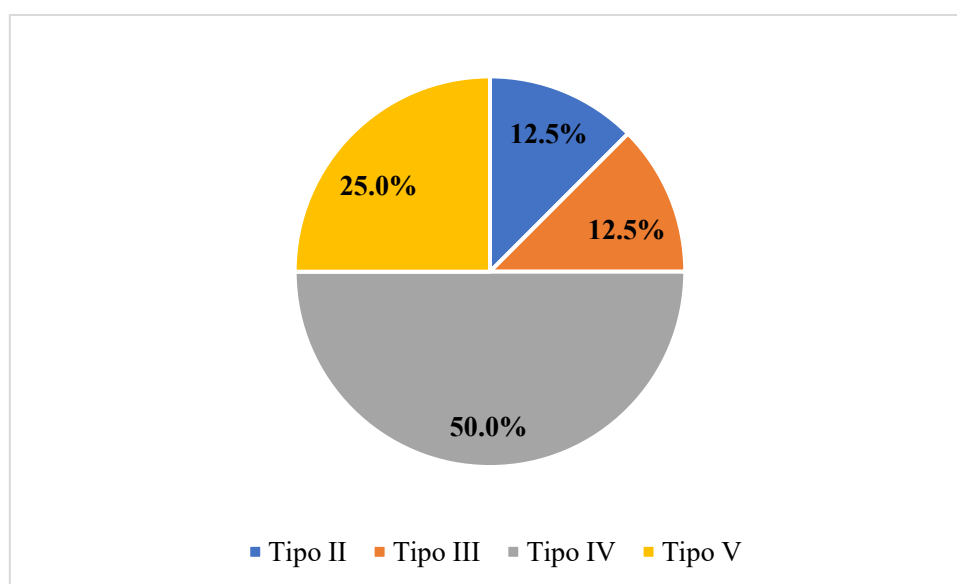
Resumen e interpretación de resultados:

Se presenta en la Tabla 73 el resumen de los resultados de variabilidad dimensional y se comparó con la clasificación dada por la norma E.070 (Tabla 2) para unidades de albañilería con fines estructurales.

En las viviendas que emplean ladrillo artesanal, el 50% de las unidades clasificó como Tipo IV, el 25% como Tipo V, mientras que el 12.5% correspondió a Tipo III y 12.5% a Tipo II. Si bien existe un predominio de clasificaciones favorables (IV y V), se evidencia mayor dispersión en comparación con los otros tipos de unidad, lo que refleja una variabilidad dimensional menos uniforme propia de procesos de fabricación artesanal.

Gráfico 4

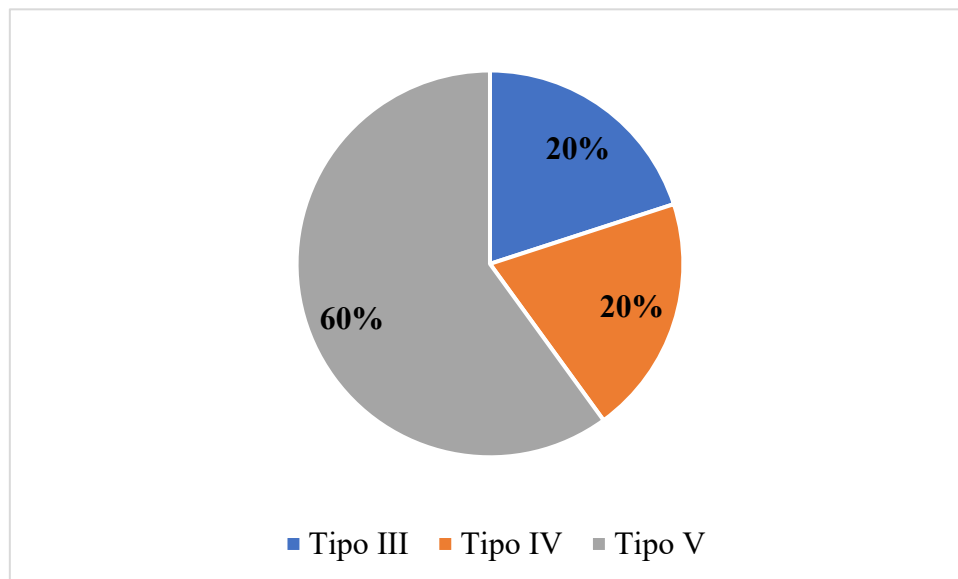
Clasificación según variabilidad dimensional – Ladrillo artesanal



En el caso de viviendas que usan ladrillo industrial (perforado), el 60% de las unidades clasificó como Tipo V, el 20% como Tipo IV y el 20% como Tipo II. Se observa una mayor concentración en la clasificación Tipo V, lo que evidencia un mejor control dimensional y menor dispersión dimensional respecto a los ladrillos artesanales.

Gráfico 5

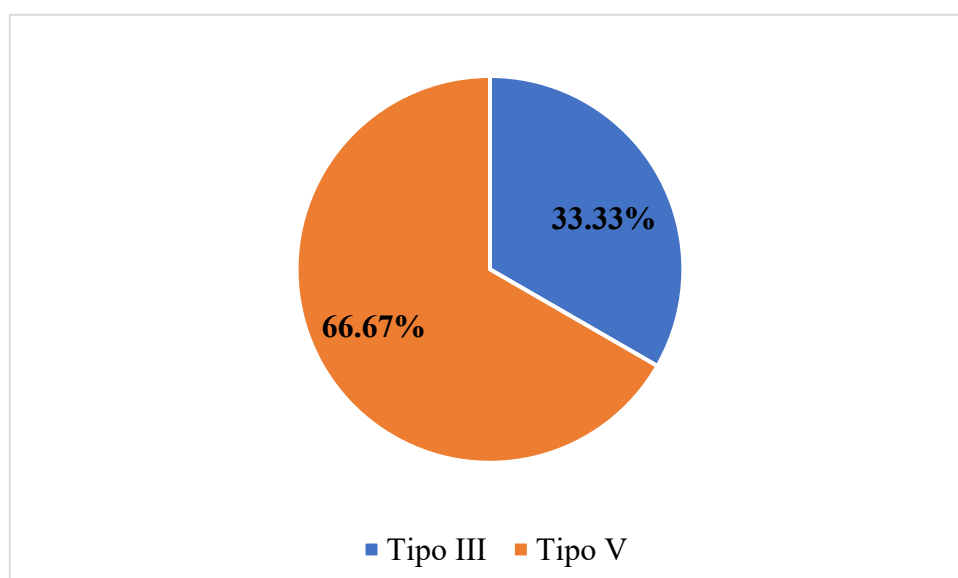
Clasificación según variabilidad dimensional – Ladrillo industrial (perforado)



Para las unidades tipo tubular, el 66.7% clasificó como Tipo V y el 33.3% como Tipo III. Aunque presentan una clasificación dimensional favorable en su mayoría, debe considerarse que su configuración geométrica y alto porcentaje de vacíos limita su uso como unidad portante en zona sísmica 4 según la Norma E.070.

Gráfico 6

Clasificación según variabilidad dimensional – Ladrillo tubular



En términos comparativos, los ladrillos industriales presentan el mejor comportamiento dimensional, seguidos por las unidades tubulares y finalmente los ladrillos artesanales, que muestran mayor heterogeneidad en su clasificación. Esto evidencia que el proceso de fabricación influye directamente en la uniformidad geométrica de las unidades de albañilería.

No obstante, esta clasificación es preliminar, dado que la clasificación definitiva dependerá del resultado más desfavorable entre las 3 pruebas clasificatorias (variabilidad dimensional, alabeo y resistencia a compresión $f^{\prime}b$), tal como establece la Norma E.070.

4.2.2. Alabeo

Se realizó el ensayo de alabeo en las superficies de las 10 unidades de albañilería de cada vivienda muestreada. Se siguió las indicaciones dadas por la NTP 399.613 para realizar el presente ensayo donde para superficies cóncavas se utilizó una regla metálica y para superficies convexas se utilizó cuñas metálicas tal como se observa en la *Figura 15* y *Figura 16*.

Figura 15

Ensayo de alabeo en superficie cóncava (Vivienda 4)



Figura 16

Ensayo de alabeo en superficie convexa (Vivienda 5)



Se muestra a continuación los resultados obtenidos del ensayo de alabeo en las unidades de albañilería:

Tabla 74

Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 1)

VIV. N°	ESPECIMEN N°	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V1	L-01		2.00		4.00
V1	L-02		1.00	2.25	
V1	L-03		2.00		2.00
V1	L-04		2.00		1.00
V1	L-05		2.00		4.00
V1	L-06		2.00		2.00
V1	L-07		2.00		4.00
V1	L-08		1.00		3.00
V1	L-09		2.00		5.00
V1	L-10	1.50			3.00
PROMEDIO (mm)		1.50	1.78	2.25	3.11

Tabla 75*Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 2)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V2	L-01		2.00		2.00
V2	L-02		2.00		1.00
V2	L-03		1.00		1.00
V2	L-04		1.00		1.00
V2	L-05		2.00		1.00
V2	L-06		2.00	0.75	
V2	L-07	1.25			2.00
V2	L-08		1.00		2.00
V2	L-09		2.00		2.00
V2	L-10		1.00		2.00
PROMEDIO (mm)		1.25	1.56	0.75	1.56

Tabla 76*Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 3)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V3	L-01		2.00	1.75	
V3	L-02		2.00		2.00
V3	L-03		4.00	5.00	
V3	L-04		3.00		2.00
V3	L-05		2.00	3.75	
V3	L-06		2.00	2.25	
V3	L-07		2.00		4.00
V3	L-08		2.00		3.00
V3	L-09		3.00		4.00
V3	L-10		1.00	3.25	
PROMEDIO (mm)			2.30	3.20	3.00

Tabla 77*Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 4)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V4	L-01		2.00		2.00
V4	L-02		1.00		1.00
V4	L-03		2.00		1.00
V4	L-04		1.00		2.00
V4	L-05		2.00		1.00
V4	L-06		1.00		2.00
V4	L-07		2.00		2.00
V4	L-08		2.00		2.00
V4	L-09		1.00		2.00
V4	L-10		2.00		1.00
PROMEDIO (mm)			1.60		1.60

Tabla 78*Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 5)*

VIV. N°	ESPECIMEN N°	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V5	L-01	1.00		4.00	
V5	L-02	1.75		2.25	
V5	L-03		1.00		8.00
V5	L-04	2.00		10.75	
V5	L-05		3.00	2.25	
V5	L-06	2.00		1.75	
V5	L-07		2.00	3.25	
V5	L-08	2.00		2.25	
V5	L-09		1.00	2.50	
V5	L-10	1.50		1.00	
PROMEDIO (mm)		1.71	1.75	3.33	8.00

Tabla 79*Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 6)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V6	L-01	1.25			3.00
V6	L-02	1.25		3.50	
V6	L-03		1.00		5.00
V6	L-04	2.00			4.00
V6	L-05		2.00		4.00
V6	L-06	1.50			6.00
V6	L-07		1.00	3.50	
V6	L-08		1.00	2.25	
V6	L-09	2.50			4.00
V6	L-10	1.75			2.00
PROMEDIO (mm)		1.71	1.25	3.08	4.00

Tabla 80*Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 7)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V7	L-01	1.25		1.00	
V7	L-02	0.75			1.00
V7	L-03		1.00		1.00
V7	L-04		1.00		1.00
V7	L-05	1.25			1.00
V7	L-06		1.00	2.00	
V7	L-07	2.00			1.00
V7	L-08	2.25			1.00
V7	L-09	1.75		1.00	
V7	L-10		2.00	1.25	
PROMEDIO (mm)		1.54	1.25	1.31	1.00

Tabla 81*Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 8)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V8	L-01		2.00	3.25	
V8	L-02		1.00	3.25	
V8	L-03		3.00	4.00	
V8	L-04		1.00		3.00
V8	L-05		2.00	3.75	
V8	L-06		2.00	4.25	
V8	L-07		2.00	2.25	
V8	L-08		1.00		2.00
V8	L-09		1.00	2.50	
V8	L-10	1.25		2.75	
PROMEDIO (mm)		1.25	1.67	3.25	2.50

Tabla 82*Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 9)*

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V9	L-01		1.00	1.75	
V9	L-02		1.00	0.50	
V9	L-03		1.00	1.00	
V9	L-04		2.00	2.00	
V9	L-05		3.00	1.00	
V9	L-06		2.00	2.00	
V9	L-07		2.00	0.50	
V9	L-08	1.00		2.25	
V9	L-09		2.00	2.25	
V9	L-10		2.00	1.25	
PROMEDIO (mm)		1.00	1.78	1.45	

Tabla 83

Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 10)

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V10	L-01		2.00		1.00
V10	L-02		2.00	1.50	
V10	L-03		1.00	1.25	
V10	L-04		2.00		2.00
V10	L-05		2.00		2.00
V10	L-06		1.00		2.00
V10	L-07		1.00		1.00
V10	L-08		2.00		1.00
V10	L-09		1.00	2.25	
V10	L-10		2.00		1.00
PROMEDIO (mm)			1.60	1.67	1.43

Tabla 84

Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 11)

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V11	L-01	1.75			4.00
V11	L-02	1.75			6.00
V11	L-03	1.25		2.25	
V11	L-04	2.00			5.00
V11	L-05	1.75			7.00
V11	L-06	1.75			4.00
V11	L-07				5.00
V11	L-08	1.75		2.00	
V11	L-09	1.50		4.00	
V11	L-10	2.00			3.00
PROMEDIO (mm)		1.72		2.75	4.86

Tabla 85

Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 12)

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V12	L-01		2.00		2.00
V12	L-02		2.00		2.00
V12	L-03		1.00		1.00
V12	L-04		1.00		1.00
V12	L-05		2.00		1.00
V12	L-06		2.00		2.00
V12	L-07		1.00		3.00
V12	L-08		2.00		2.00
V12	L-09		2.00		2.00
V12	L-10		2.00		2.00
	PROMEDIO (mm)		1.70		1.80

Tabla 86

Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 13)

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V13	L-01		2.00		1.00
V13	L-02		2.00		2.00
V13	L-03		1.00		2.00
V13	L-04		1.00		2.00
V13	L-05		1.00		2.00
V13	L-06		3.00		1.00
V13	L-07		1.00		2.00
V13	L-08		2.00		2.00
V13	L-09		2.00		2.00
V13	L-10		1.00		2.00
	PROMEDIO (mm)		1.60		1.80

Tabla 87

Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 14)

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V14	L-01		2.00		6.00
V14	L-02		2.00		5.00
V14	L-03	3.00		2.50	
V14	L-04		2.00		2.00
V14	L-05		1.00		4.00
V14	L-06		2.00		5.00
V14	L-07		2.00		6.00
V14	L-08	2.00		3.00	
V14	L-09	2.75			4.00
V14	L-10		2.00		3.00
PROMEDIO (mm)		2.58	1.86	2.75	4.38

Tabla 88

Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 15)

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V15	L-01		2.00	2.25	
V15	L-02		2.00	1.00	
V15	L-03		2.00	1.25	
V15	L-04	0.50			2.00
V15	L-05		2.00	1.75	
V15	L-06		2.00	1.50	
V15	L-07	1.00		0.50	
V15	L-08	1.75		0.50	
V15	L-09		1.00	0.75	
V15	L-10		1.00	0.50	
PROMEDIO (mm)		1.08	1.71	1.11	2.00

Tabla 89

Alabeo en unidades de albañilería (Vivienda 16)

VIV. Nº	ESPECIMEN Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
V16	L-01		2.00		3.00
V16	L-02		0.00		3.00
V16	L-03		2.00	2.75	
V16	L-04		1.00	3.25	
V16	L-05	1.75		2.25	
V16	L-06		3.00	3.50	
V16	L-07		2.00		2.00
V16	L-08		1.00	3.50	
V16	L-09		2.00		2.00
V16	L-10		1.00	1.50	
PROMEDIO (mm)		1.75	1.56	2.79	2.50

Resumen e interpretación de resultados:

Se presenta en la Tabla 90 el resumen de los resultados de alabeo y se comparó con la clasificación dada por la norma E.070 (Tabla 2) para unidades de albañilería con fines estructurales.

Tabla 90

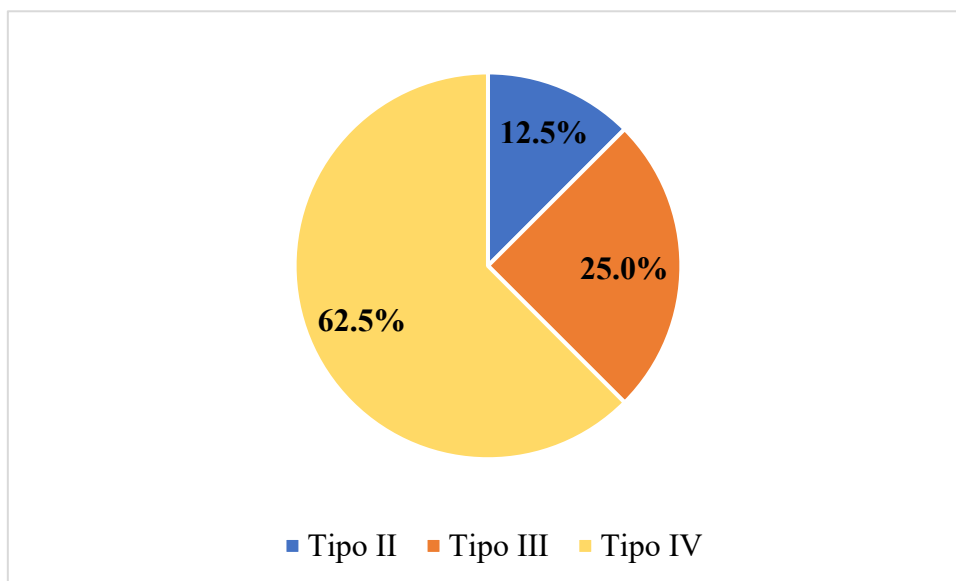
Resumen y clasificación de unidad de albañilería según el alabeo

VIV. Nº	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)		CLASIF. SEGÚN ALABEO
	Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad	
V1	1.50	1.78	2.25	3.11	Tipo IV
V2	1.25	1.56	0.75	1.56	Tipo V
V3		2.30	3.20	3.00	Tipo IV
V4		1.60		1.60	Tipo V
V5	1.71	1.75	3.33	8.00	Tipo II
V6	1.71	1.25	3.08	4.00	Tipo IV
V7	1.54	1.25	1.31	1.00	Tipo V
V8	1.25	1.67	3.25	2.50	Tipo IV
V9	1.00	1.78	1.45		Tipo V
V10		1.60	1.67	1.43	Tipo V
V11	1.72		2.75	4.86	Tipo III
V12		1.70		1.80	Tipo V
V13		1.60		1.80	Tipo V
V14	2.58	1.86	2.75	4.38	Tipo III
V15	1.08	1.71	1.11	2.00	Tipo V
V16	1.75	1.56	2.79	2.50	Tipo IV

En las viviendas que emplean ladrillo artesanal, el 62.5% de las unidades clasificó como Tipo IV, el 25% como Tipo III y el 12.5% como Tipo II (Gráfico 7). No se registraron unidades Tipo V en este grupo. Estos resultados evidencian una mayor dispersión en comparación con los otros tipos de unidad, reflejando un control dimensional menos uniforme propio de procesos de fabricación artesanal.

Gráfico 7

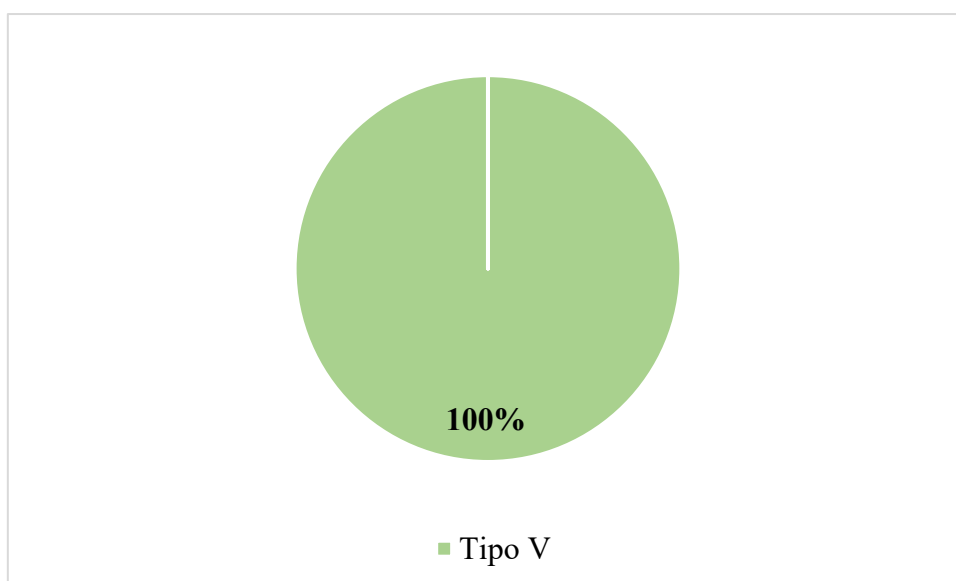
Clasificación según alabeo – Ladrillo artesanal



En el caso del ladrillo industrial (perforado), el 100% de las unidades clasificó como Tipo V según el ensayo de alabeo. Esto demuestra un excelente control geométrico y mínima deformación superficial, coherente con procesos de fabricación industrializados que garantizan mayor uniformidad dimensional.

Gráfico 8

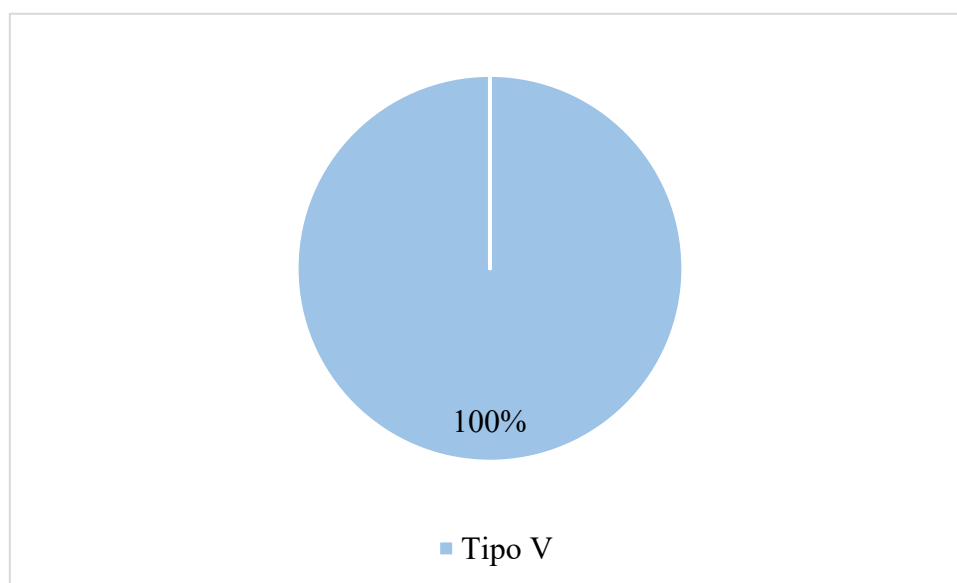
Clasificación según alabeo – Ladrillo industrial (perforado)



Para las unidades tipo tubular, el 100% clasificó como Tipo V en el ensayo de alabeo, evidenciando una baja deformación superficial. No obstante, aunque presentan buen comportamiento en términos de alabeo, su configuración geométrica y porcentaje de vacíos limitan su uso estructural en zona sísmica 4 conforme a la Norma E.070.

Gráfico 9

Clasificación según alabeo – Ladrillo tubular



4.2.3. Resistencia a la compresión f'_b en la unidad de albañilería

Se ensayaron 3 ladrillos por cada vivienda muestreada siguiendo el procedimiento descrito por la NTP 399.613(2017).

El ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería (f'_b) se realizó utilizando una máquina de compresión hidráulica de lectura digital, modelo STYE-2000, equipada con un indicador electrónico de carga que registra la carga máxima aplicada en kilonewtons. Como se muestra en la Figura 17 se utilizó dos planchas de acero en las caras del ladrillo a ensayar para garantizar una distribución uniforme de los esfuerzos sobre la muestra lo cual es recomendado por la NTP en casos que el área de contacto de los bloques de apoyo no cubra el total del área del espécimen.

Figura 17

Prensa hidráulica digital utilizada en el ensayo de resistencia a compresión f'_b



La resistencia individual a la compresión (f_b) se obtuvo dividiendo la carga máxima registrada entre el área bruta de la unidad, sin descontar los huecos, dado que la norma actual considera el área bruta como base para el cálculo.

Con los resultados de este ensayo y en comparación con los resultados de variabilidad dimensional y alabeo se definirá si los ladrillos utilizados en viviendas autoconstruidas clasifican como unidad de albañilería para fines estructurales, teniendo en consideración que la resistencia mínima exigida por la norma E.070 es de 50 kg/cm^2 , por lo que aquellas unidades que no alcanzan dicho valor no pueden ser consideradas aptas para muros portantes.

Se muestran los resultados obtenidos de los ensayos a continuación:

Tabla 91*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 1)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V1	L-01	211.50	119.75	4740	253.27	18.72
V1	L-02	213.75	119.50	4710	255.43	18.44
V1	L-03	215.25	121.00	5330	260.45	20.46
fb =						19.21
σ =						1.10
CV =						0.06
f'b =						18.11

Tabla 92*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 2)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V2	L-01	240.50	118.50	32190	284.99	112.95
V2	L-02	237.50	120.50	23870	286.19	83.41
V2	L-03	237.00	119.75	23900	283.81	84.21
fb =						93.52
σ =						16.83
CV =						0.18
f'b =						76.69

Tabla 93*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 3)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V3	L-01	214.00	122.00	5750	261.08	22.02
V3	L-02	211.50	119.75	6000	253.27	23.69
V3	L-03	213.25	119.50	5350	254.83	20.99
fb =						22.24
σ =						1.36
CV =						0.06
f'b =						20.88

Tabla 94*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 4)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V4	L-01	236.75	119.50	24760	282.92	87.52
V4	L-02	240.00	119.00	24440	285.60	85.57
V4	L-03	237.50	120.00	23330	285.00	81.86
fb =						84.98
σ =						2.87
CV =						0.03
f'b =						82.11

Tabla 95*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 5)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V5	L-01	209.75	115.25	3410	241.74	14.11
V5	L-02	210.25	119.75	5570	251.77	22.12
V5	L-03	210.75	117.50	5090	247.63	20.55
fb =						18.93
σ =						4.25
CV =						0.22
f'b =						14.68

Tabla 96*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 6)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V6	L-01	213.00	120.00	4160	255.60	16.28
V6	L-02	212.00	120.25	5190	254.93	20.36
V6	L-03	212.25	120.00	4570	254.70	17.94
fb =						18.19
σ =						2.05
CV =						0.11
f'b =						16.14

Tabla 97*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 7)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V7	L-01	220.75	115.00	4500	253.86	17.73
V7	L-02	221.00	113.75	6450	251.39	25.66
V7	L-03	220.00	112.75	6780	248.05	27.33
fb =						23.57
σ =						5.13
CV =						0.22
f'b =						18.44

Tabla 98*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 8)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V8	L-01	213.00	119.25	6580	254.00	25.91
V8	L-02	213.75	120.50	6930	257.57	26.91
V8	L-03	210.75	119.00	5450	250.79	21.73
fb =						24.85
σ =						2.74
CV =						0.11
f'b =						22.10

Tabla 99*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 9)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V9	L-01	231.25	112.25	3659	259.58	14.10
V9	L-02	231.50	111.50	4860	258.12	18.83
V9	L-03	231.25	112.00	4537	259.00	17.52
fb =						16.81
σ =						2.44
Cv =						0.15
f'b =						14.37

Tabla 100*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 10)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V10	L-01	240.50	118.50	19301	284.99	67.72
V10	L-02	239.75	117.25	14411	281.11	51.27
V10	L-03	240.75	116.50	18131	280.47	64.64
						fb = 61.21
						σ = 8.75
						Cv = 0.14
						f'b = 52.46

Tabla 101*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 11)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V11	L-01	211.75	119.75	4972	253.57	19.61
V11	L-02	214.25	121.00	6051	259.24	23.34
V11	L-03	213.50	121.00	5399	258.34	20.90
						fb = 21.28
						σ = 1.90
						Cv = 0.09
						f'b = 19.39

Tabla 102*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 12)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V12	L-01	230.50	124.50	13039	286.97	45.44
V12	L-02	229.00	124.25	16106	284.53	56.61
V12	L-03	230.00	124.50	13209	286.35	46.13
						fb = 49.39
						σ = 6.26
						Cv = 0.13
						f'b = 43.13

Tabla 103*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 13)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V13	L-01	230.00	121.00	20241	278.30	72.73
V13	L-02	230.50	120.25	13933	277.18	50.27
V13	L-03	228.00	120.25	17775	274.17	64.83
fb =						62.61
σ =						11.40
Cv =						0.18
f'b =						51.21

Tabla 104*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 14)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V14	L-01	211.75	119.25	4248	252.51	16.82
V14	L-02	210.75	118.25	2815	249.21	11.30
V14	L-03	213.50	119.50	2225	255.13	8.72
fb =						12.28
σ =						4.14
Cv =						0.34
f'b =						8.14

Tabla 105*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 15)*

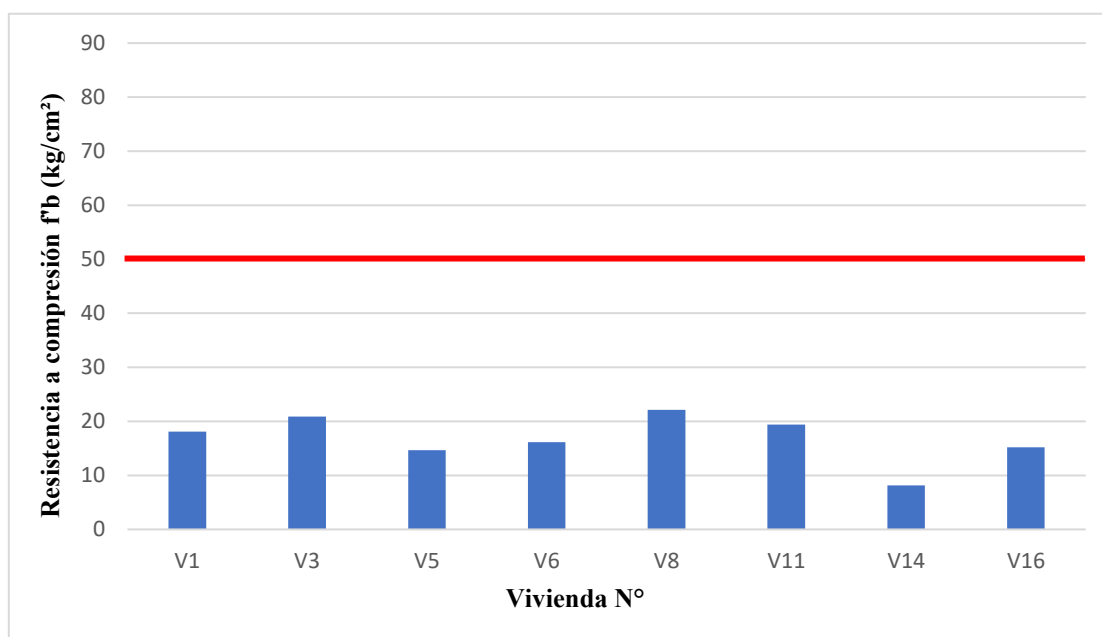
VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V15	L-01	220.50	108.50	3818	239.24	15.96
V15	L-02	221.25	106.75	6098	236.18	25.82
V15	L-03	219.75	106.50	4319	234.03	18.45
fb =						20.08
σ =						5.13
Cv =						0.26
f'b =						14.95

Tabla 106*Ensayo de resistencia a compresión $f'b$ (Vivienda 16)*

VIV. N°	Espécimen N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
V16	L-01	220.25	120.00	5679	264.30	21.49
V16	L-02	219.50	121.75	4753	267.24	17.79
V16	L-03	215.75	119.00	3969	256.74	15.46
						f_b = 18.24
						σ = 3.04
						C_v = 0.17
						$f'b$ = 15.20

Resumen e interpretación de resultados:

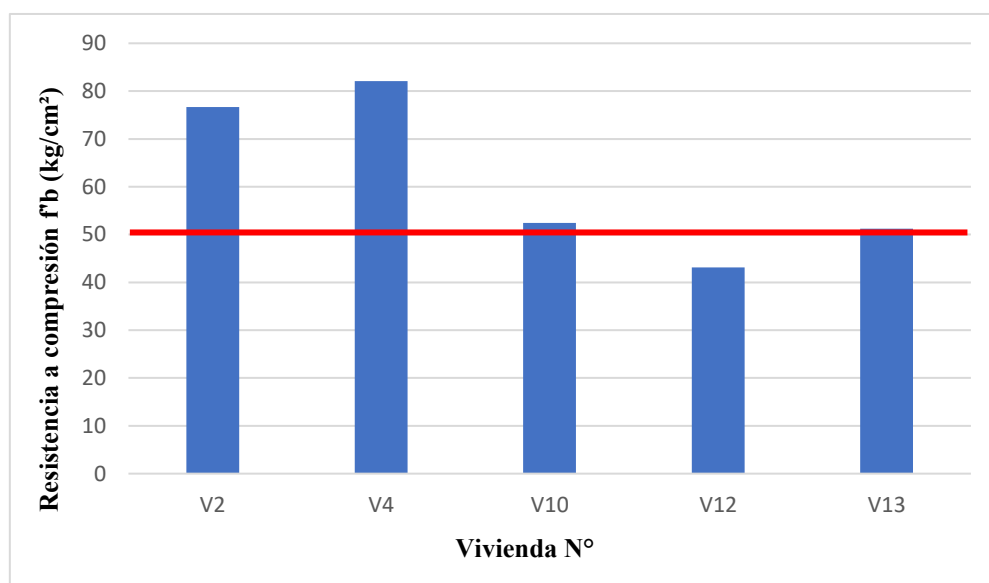
En las viviendas que emplean ladrillo artesanal, ninguna de las unidades ensayadas alcanzó la resistencia mínima de 50 kg/cm² exigida por la Norma E.070. Los valores oscilaron entre 8.14 y 22.10 kg/cm² tal como se observa en el Gráfico 10, evidenciando una deficiencia significativa en la capacidad mecánica de este tipo de unidad para su uso estructural.

Gráfico 10*Resistencia a compresión $f'b$ por vivienda – Ladrillo artesanal*

En el caso del ladrillo industrial perforado, el 80% de las unidades superaron la resistencia mínima normativa, registrándose valores entre 51.21 y 82.11 kg/cm². Solo una vivienda presentó un valor inferior (43.13 kg/cm²), lo que demuestra un desempeño mecánico considerablemente superior en comparación con los ladrillos artesanales y tubulares.

Gráfico 11

Resistencia a compresión f'_b por vivienda – Ladrillo industrial (perforado)

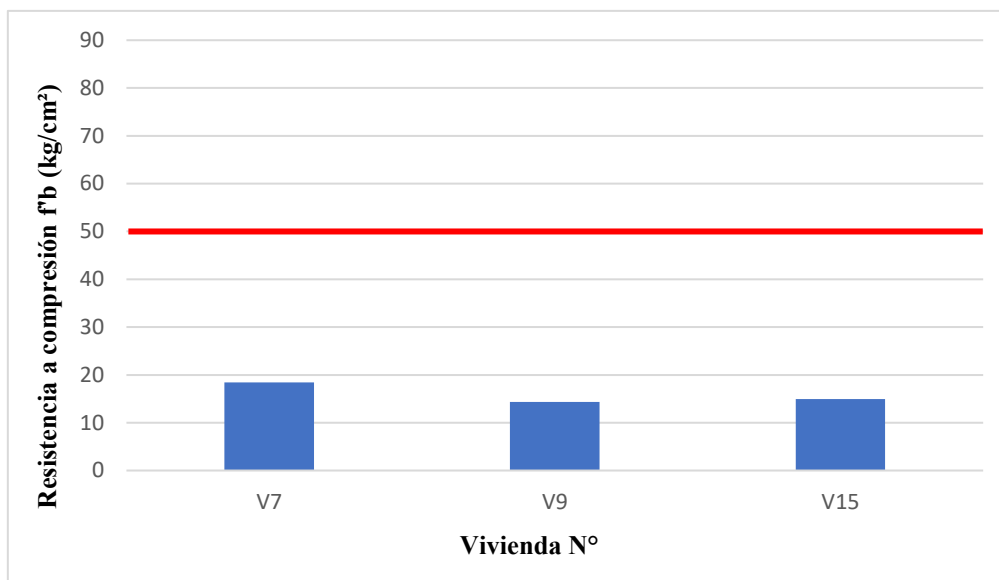


Para las unidades tipo tubular, ninguna alcanzó la resistencia mínima de 50 kg/cm², registrándose valores entre 14.37 y 18.44 kg/cm². Estos resultados confirman que este tipo de unidad no presenta condiciones adecuadas para su uso como elemento portante en zona sísmica

4.

Gráfico 12

Resistencia a compresión f_b por vivienda – Ladrillo tubular



Comparativamente, los ladrillos industriales presentan una mejor calidad mecánica, con un 80% de cumplimiento del requisito mínimo establecido por la Norma E.070, mientras que los ladrillos artesanales y tubulares no alcanzan la resistencia característica exigida en ningún caso. Esto evidencia que el tipo de unidad de albañilería constituye un factor determinante en la calidad estructural de los muros portantes evaluados.

Considerando que para clasificar la unidad de albañilería según la norma E.070 se toma en consideración el peor resultado de las 3 pruebas se resumió dichos resultados en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 107

Clasificación de unidades de albañilería según norma E.070

TIPO LADRILLO	VIV. N°	Variabilidad Dimensional	Alabeo	Resistencia a compresión f_b	Clasificación según E.070
LADRILLO ARTESANAL	V1	Tipo IV	Tipo IV	No clasifica	No clasifica
	V3	Tipo III	Tipo IV	No clasifica	No clasifica
	V5	Tipo V	Tipo II	No clasifica	No clasifica
	V6	Tipo II	Tipo IV	No clasifica	No clasifica
	V8	Tipo IV	Tipo IV	No clasifica	No clasifica
	V11	Tipo IV	Tipo III	No clasifica	No clasifica
	V14	Tipo V	Tipo III	No clasifica	No clasifica
	V16	Tipo IV	Tipo IV	No clasifica	No clasifica
LADRILLO INDUSTRIAL (PERFORADO)	V2	Tipo V	Tipo V	Tipo II	Tipo II
	V4	Tipo V	Tipo V	Tipo II	Tipo II
	V10	Tipo IV	Tipo V	Tipo I	Tipo I
	V12	Tipo III	Tipo V	No clasifica	No clasifica
	V13	Tipo V	Tipo V	Tipo I	Tipo I
LADRILLO TUBULAR	V7	Tipo III	Tipo V	No clasifica	No clasifica
	V9	Tipo V	Tipo V	No clasifica	No clasifica
	V15	Tipo V	Tipo V	No clasifica	No clasifica

De acuerdo con la Tabla 107, se observa que únicamente las viviendas 2, 4, 10 y 13, correspondientes a ladrillo industrial (perforado), logran clasificar como unidades estructurales (Tipo I y Tipo II). En contraste, el 100% de las unidades artesanales y tubulares no clasifican, debido principalmente a resultados desfavorables en la resistencia característica a compresión (f_b), evidenciando una deficiencia significativa en la calidad mecánica de los ladrillos empleados en muros portantes dentro del distrito.

Estos resultados demuestran que la calidad estructural de los muros portantes evaluados depende directamente del tipo de unidad de albañilería utilizada, siendo los ladrillos industriales los únicos que presentan un desempeño mecánico compatible con los requisitos normativos vigentes establecidos en la Norma E.070.

En términos generales, solo el 25% de las viviendas evaluadas (4 de 16) presenta unidades que cumplen con los criterios clasificatorios de la Norma E.070. En contraste, el 75% no clasifica como unidad estructural, evidenciando una deficiencia significativa en la calidad mecánica predominante en los ladrillos utilizados en muros portantes del distrito. Esta situación podría comprometer el desempeño estructural de las viviendas frente a solicitaciones sísmicas.

4.2.4. Porcentaje de área de vacíos

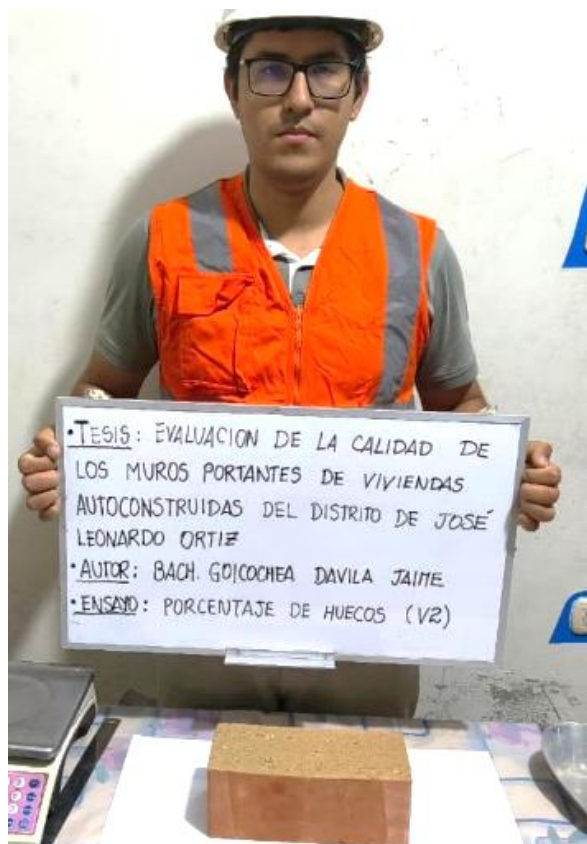
El porcentaje de área de vacíos se realizó a los ladrillos KK 18 perforados, provenientes de las viviendas 2, 4, 10, 12 y 13, para verificar si se trata de ladrillos sólidos o huecos según la norma E.070. Este ensayo no constituye un criterio clasificatorio según la Norma E.070, sin embargo, permite evaluar indirectamente la eficiencia estructural (calidad) de la unidad.

Ha de considerarse que la norma de albañilería vigente prohíbe utilizar ladrillos huecos en muros portantes en José Leonardo Ortiz por ubicarse en una zona de alto riesgo sísmico y debido a que estas unidades son frágiles al momento de fallar, lo cual es indeseable en cualquier edificación y va en contra de la filosofía del diseño sismorresistente.

Para realizar este ensayo se siguió los lineamientos dados por la NTP 399.613, utilizándose una probeta de 500 ml para calcular la densidad aparente de la arena que se utilizó para como material de relleno. Esta arena fue vertida en las perforaciones de las unidades de albañilería (Figura 18), hasta llenar completamente los vacíos. De este modo, al conocer la masa de arena que ocupa dichas perforaciones y su densidad, se calculó el volumen total de vacíos de cada ladrillo.

Figura 18

Relleno de vacíos con arena en ladrillo perforado KK 18 huecos



Cabe recalcar que la ecuación que presenta la NTP 399.613 para determinar el porcentaje de área de vacíos considera el factor $\frac{1}{16.4}$, el cual no debería existir ya que solo se utilizaría cuando se trabaje con dimensiones en pulgadas sin embargo la misma norma trabaja en centímetros por lo que es innecesario multiplicar por dicho factor, utilizándose para la presente investigación la siguiente ecuación para determinar el porcentaje de área de vacíos.

Ecuación 3 : Porcentaje de área de vacíos en unidades perforadas

$$\% \text{Área vacíos} = \frac{V_s}{V_u} \times 100 \quad (4)$$

Se presenta los resultados del ensayo del porcentaje de área de vacíos a continuación:

Tabla 108*Ensayo de porcentaje de área de vacíos (Vivienda 2)*

VIV. N°	Espécimen N°	Volumen ladrillo (cm ³)	Peso arena en espécimen (g)	Peso arena en probeta (g)	Volumen arena en espécimen (cm ³)	%Área de Vacíos
V2	L-01	2550.68	1809.0	790.0	1144.94	44.89%
V2	L-02	2525.60	1817.0	790.0	1150.00	45.53%
V2	L-03	2554.27	1812.0	790.0	1146.84	44.90%
%Área de Vacíos						45.21%

Tabla 109*Ensayo de porcentaje de área de vacíos (Vivienda 4)*

VIV. N°	Espécimen N°	Volumen ladrillo (cm ³)	Peso arena en espécimen (g)	Peso arena en probeta (g)	Volumen arena en espécimen (cm ³)	%Área de Vacíos
V4	L-01	2517.95	1804.0	790.0	1141.77	45.35%
V4	L-02	2534.70	1822.0	790.0	1153.16	45.50%
V4	L-03	2543.63	1816.0	790.0	1149.37	45.19%
%Área de Vacíos						45.42%

Tabla 110*Ensayo de porcentaje de área de vacíos (Vivienda 10)*

VIV. N°	Espécimen N°	Volumen ladrillo (cm ³)	Peso arena en espécimen (g)	Peso arena en probeta (g)	Volumen arena en espécimen (cm ³)	%Área de Vacíos
V10	L-01	2572.06	1282.0	708.0	905.37	35.20%
V10	L-02	2431.57	1298.0	708.0	916.67	37.70%
V10	L-03	2482.19	1309.0	708.0	924.44	37.24%
%Área de Vacíos						36.45%

Tabla 111*Ensayo de porcentaje de área de vacíos (Vivienda 12)*

VIV. N°	Espécimen N°	Volumen ladrillo (cm³)	Peso arena en espécimen (g)	Peso arena en probeta (g)	Volumen arena en espécimen (cm³)	%Área de Vacíos
V12	L-01	2589.93	1643.0	708.0	1160.31	44.80%
V12	L-02	2482.55	1636.0	708.0	1155.37	46.54%
V12	L-03	2519.88	1700.0	708.0	1200.56	47.64%
%Área de Vacíos						45.67%

Tabla 112*Ensayo de porcentaje de área de vacíos (Vivienda 13)*

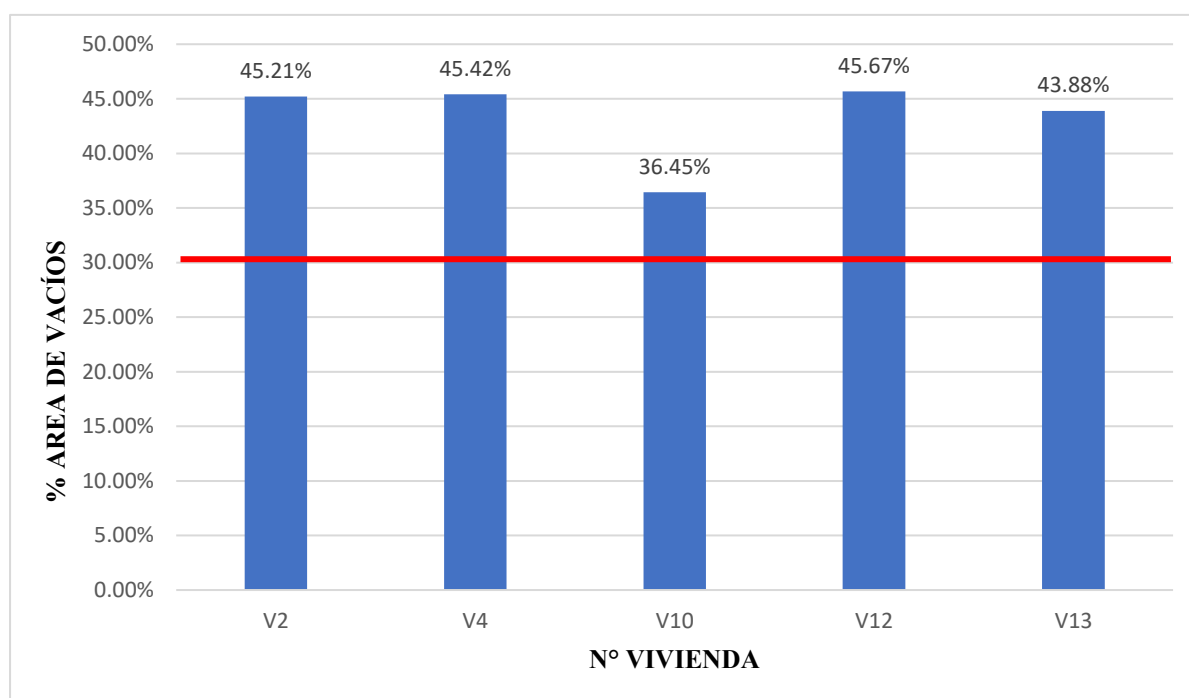
VIV. N°	Espécimen N°	Volumen ladrillo (cm³)	Peso arena en espécimen (g)	Peso arena en probeta (g)	Volumen arena en espécimen (cm³)	%Área de Vacíos
V13	L-01	2497.74	1603.0	708.0	1132.06	45.32%
V13	L-02	2480.73	1491.0	708.0	1052.97	42.45%
V13	L-03	2488.09	1564.0	708.0	1104.52	44.39%
%Área de Vacíos						43.88%

Resumen e interpretación de resultados:

En base a los resultados de porcentaje de área de vacíos en ladrillos perforados se observa (Gráfico 13) el 100% de los especímenes ensayados correspondientes a las viviendas con se emplean unidades perforadas superan el límite máximo del 30% establecido por la norma E.070 (aprox. 50% más del límite permisible) lo cual supone un alto riesgo al utilizarse como muros portantes evidenciando de esta manera una mala calidad de estos ladrillos para uso estructural.

Gráfico 13

Porcentaje de área de vacíos en unidades perforadas



Los resultados obtenidos evidencian una problemática recurrente en el uso de ladrillos King Kong 18 huecos en viviendas autoconstruidas del distrito de José Leonardo Ortiz, donde estas unidades son empleadas indistintamente como elementos portantes sin una verificación previa de sus propiedades geométricas ni de su conformidad con la normativa vigente. La elevada proporción de vacíos observada no solo reduce significativamente el área efectiva resistente del ladrillo, sino que también incrementa su fragilidad y disminuye su capacidad de disipar energía ante solicitaciones sísmicas. Esta práctica constructiva refleja un déficit en el control de calidad de los materiales y en la supervisión técnica durante el proceso de edificación conllevando a muros portantes con un riesgo estructural considerable frente a sismos de magnitud moderada.

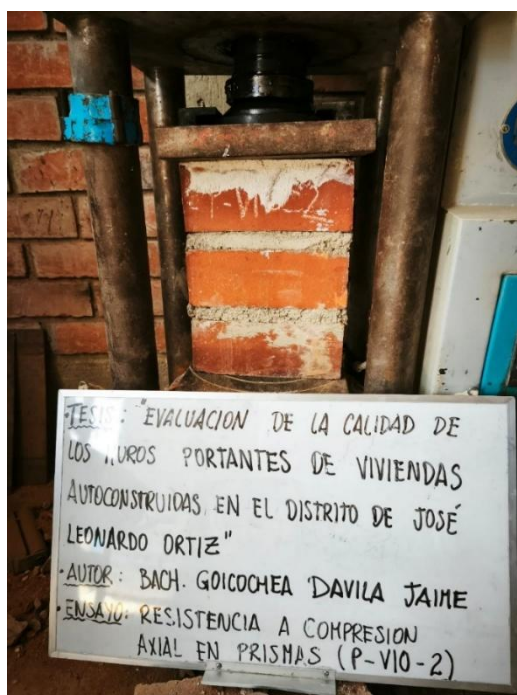
4.3. Propiedades en la albañilería

4.3.1. Resistencia a la compresión axial f'_m en prismas de albañilería

Se realizó los ensayos de resistencia a compresión axial en prismas de albañilería que representan los muros portantes de las viviendas muestreadas. Este ensayo permite obtener el parámetro f'_m el cual es uno de los parámetros más importantes al momento de realizar el diseño estructural de cualquier edificación de albañilería confinada.

Figura 19

Prisma de albañilería en prensa de compresión



Los especímenes fueron ensayados a los 14 días y fueron fabricados con esbelteces variables entre 2 y 3, para lo cual se aplicaron los factores de las tablas 6 y 5 respectivamente.

Asimismo, durante la construcción de los prismas se procuró replicar las condiciones observadas en campo en las viviendas autoconstruidas, particularmente en lo referente al espesor de las juntas de mortero, las cuales variaban aproximadamente entre 2 cm y 3 cm. De esta manera, los especímenes ensayados representan de forma más realista el comportamiento de los muros portantes presentes en este tipo de edificaciones.

Se muestran los resultados de los ensayos a continuación:

Tabla 113

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 1)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área (cm ²)	Resistencia fm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia fm (kg/cm ²)
V1	P-V1-1	30.10	21.40	12.20	2.47	3440	261.08	13.18	0.875	11.53
V1	P-V1-2	30.20	21.50	11.90	2.54	3580	255.85	13.99	0.889	12.44
									fm =	11.98
									σ =	0.65
									f'm =	11.34

Tabla 114

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 2)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área (cm ²)	Resistencia fm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia fm (kg/cm ²)
V2	P-V2-1	31.20	23.90	12.00	2.60	15810	286.80	55.13	0.904	49.84
V2	P-V2-2	32.00	24.00	12.10	2.64	13760	290.40	47.38	0.915	43.35
									fm =	46.60
									σ =	4.59
									f'm =	42.01

Tabla 115

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 3)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área (cm ²)	Resistencia f _m (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm ²)
V3	P-V3-1	30.20	21.00	12.00	2.52	4880	252.00	19.37	0.884	17.12
V3	P-V3-2	30.10	21.00	12.00	2.51	5220	252.00	20.71	0.882	18.27
									f _m =	17.69
									σ =	0.81
									f'm =	16.88

Tabla 116

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 4)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área (cm ²)	Resistencia f _m (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm ²)
V4	P-V4-1	31.40	24.10	12.10	2.60	13900	291.61	47.67	0.903	43.04
V4	P-V4-2	31.90	24.10	12.30	2.59	15070	296.43	50.84	0.903	45.89
									f _m =	44.47
									σ =	2.01
									f'm =	42.45

Tabla 117

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 5)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área (cm ²)	Resistencia fm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia fm (kg/cm ²)
V5	P-V5-1	30.20	21.00	11.80	2.56	5280	247.80	21.31	0.894	19.06
V5	P-V5-2	30.30	21.10	12.10	2.50	5670	255.31	22.21	0.881	19.57
									fm =	19.31
									σ =	0.36
									f'm =	18.95

Tabla 118

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 6)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área (cm ²)	Resistencia fm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia fm (kg/cm ²)
V6	P-V6-1	30.50	21.00	12.20	2.50	2530	256.20	9.88	0.880	8.69
V6	P-V6-2	30.30	21.50	12.30	2.46	2310	264.45	8.74	0.871	7.61
									fm =	8.15
									σ =	0.76
									f'm =	7.39

Tabla 119

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 7)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área (cm ²)	Resistencia f _m (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm ²)
V7	P-V7-1	30.90	22.10	12.20	2.53	2260	269.62	8.38	0.888	7.44
V7	P-V7-2	31.20	22.10	12.00	2.60	3510	265.20	13.24	0.904	11.97
									f _m =	9.71
									σ =	3.20
									f'm =	6.51

Tabla 120

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 8)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área (cm ²)	Resistencia f _m (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm ²)
V8	P-V8-1	31.50	21.50	12.10	2.60	4140	260.15	15.91	0.905	14.40
V8	P-V8-2	31.60	21.80	12.30	2.57	5690	268.14	21.22	0.897	19.03
									f _m =	16.72
									σ =	3.27
									f'm =	13.44

Tabla 121

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 9)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área(cm²)	Resistencia f _m (kg/cm²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm²)
V9	P-V9-1	33.30	24.00	11.90	2.80	2486	285.60	8.70	0.952	8.29
V9	P-V9-2	33.50	23.80	11.60	2.89	2647	276.08	9.59	0.974	9.34
									f _m =	8.81
									σ =	0.74
									f'm =	8.07

Tabla 122

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 10)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área(cm²)	Resistencia f _m (kg/cm²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm²)
V10	P-V10-1	31.20	24.40	12.40	2.52	8326	302.56	27.52	0.884	24.32
V10	P-V10-2	32.30	24.30	12.40	2.60	7534	301.32	25.00	0.905	22.64
									f _m =	23.48
									σ =	1.19
									f'm =	22.29

Tabla 123

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 11)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área(cm ²)	Resistencia f _m (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm ²)
V11	P-V11-1	29.90	22.30	12.80	2.34	3697	285.44	12.95	0.855	11.07
V11	P-V11-2	29.90	22.10	13.10	2.28	4088	289.51	14.12	0.846	11.95
									f _m =	11.51
									σ =	0.62
									f'm =	10.89

Tabla 124

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 12)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área(cm ²)	Resistencia f _m (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm ²)
V12	P-V12-1	31.80	23.40	12.70	2.50	6760	297.18	22.75	0.881	20.04
V12	P-V12-2	32.00	23.60	12.90	2.48	9619	304.44	31.60	0.877	27.71
									f _m =	23.88
									σ =	5.42
									f'm =	18.45

Tabla 125

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 13)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área(cm ²)	Resistencia f _m (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm ²)
V13	P-V13-1	31.90	23.40	12.50	2.55	11682	292.50	39.94	0.893	35.65
V13	P-V13-2	32.10	23.40	12.50	2.57	9855	292.50	33.69	0.897	30.21
									f _m =	32.93
									σ =	3.85
									f' _m =	29.08

Tabla 126

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 14)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área(cm ²)	Resistencia f _m (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm ²)
V14	P-V14-1	31.90	21.10	11.90	2.68	2730	251.09	10.87	0.924	10.04
V14	P-V14-2	31.80	21.30	12.00	2.65	4102	255.60	16.05	0.916	14.71
									f _m =	12.37
									σ =	3.30
									f' _m =	9.08

Tabla 127

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 15)

VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área(cm ²)	Resistencia f _m (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm ²)
V15	P-V15-1	32.20	22.10	11.00	2.93	3186	243.10	13.11	0.983	12.89
V15	P-V15-2	31.90	23.00	11.10	2.87	2698	255.30	10.57	0.971	10.26
									f _m =	11.57
									σ =	1.86
									f'm =	9.71

Tabla 128

Ensayo de Resistencia a compresión $f'm$ (Vivienda 16)

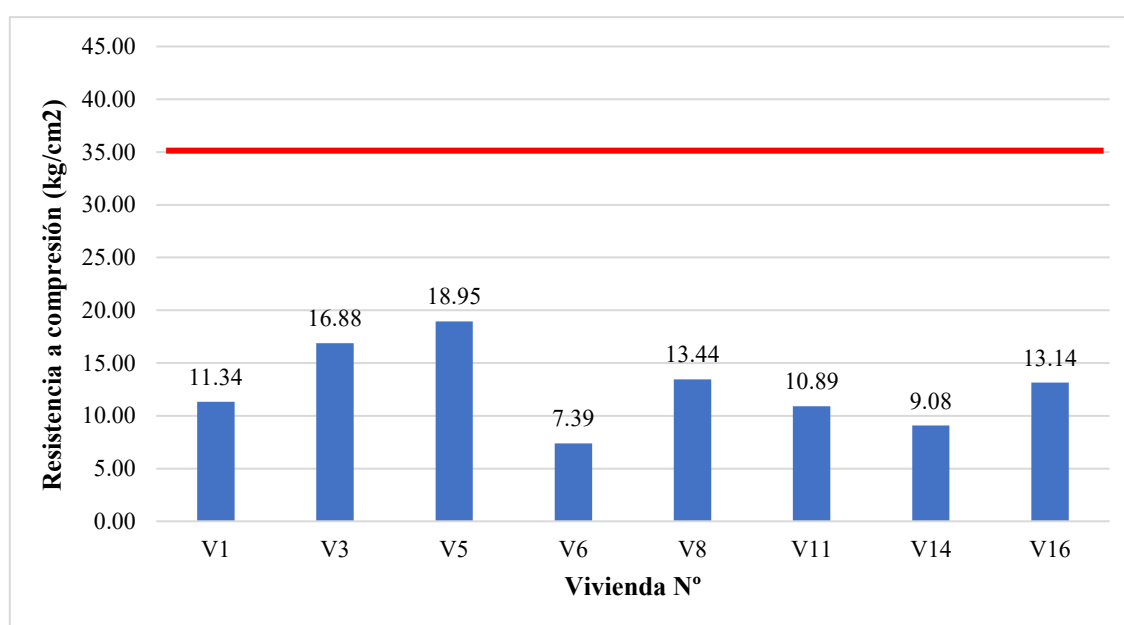
VIV. N°	Espécimen N°	Altura "h" (cm)	Ancho (cm)	Espesor "b" (cm)	Esbeltez (h/b)	P _{max} (kg)	Área(cm ²)	Resistencia f _m (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia f _m (kg/cm ²)
V16	P-V16-1	30.60	22.80	12.40	2.47	4252	282.72	15.04	0.875	13.16
V16	P-V16-2	30.80	23.10	13.00	2.37	4591	300.30	15.29	0.860	13.15
									f _m =	13.15
									σ =	0.01
									f'm =	13.14

Resumen e interpretación de resultados:

Las viviendas que emplean ladrillo artesanal registraron valores de resistencia axial $f'm$ entre 7.39 kg/cm² y 18.95 kg/cm², muy por debajo del mínimo normativo de 35 kg/cm². Esto evidencia una baja calidad estructural del sistema de albañilería construido con este tipo de unidad. La dispersión de resultados, aunque relativamente uniforme dentro de rangos bajos, confirma que el problema no es aislado sino generalizado en este grupo de viviendas evaluadas.

Gráfico 14

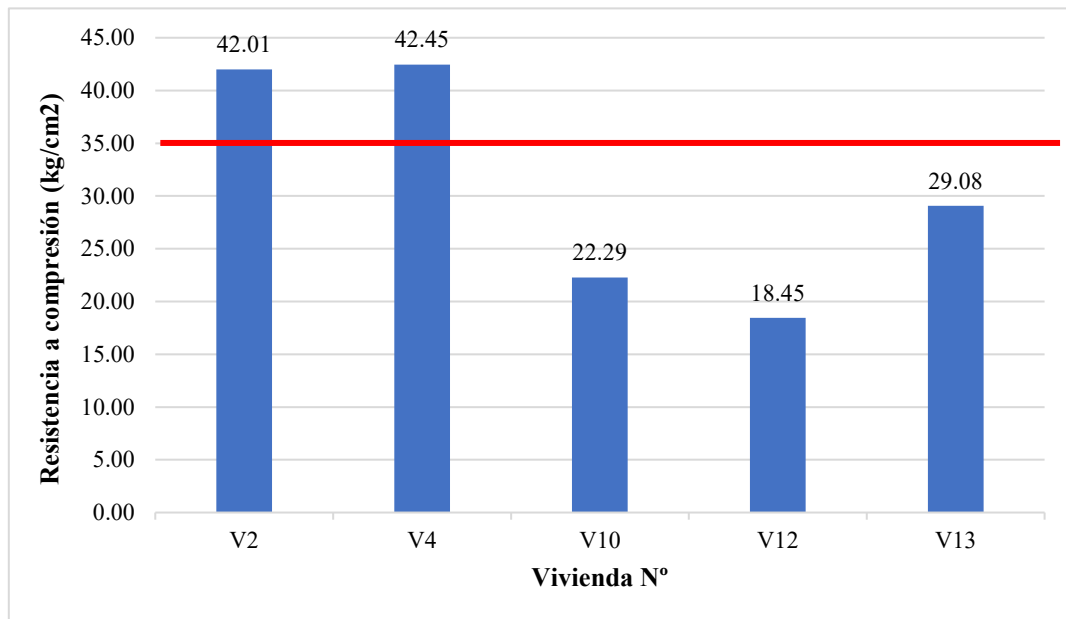
Resistencia a compresión $f'm$ por vivienda – Ladrillo artesanal



En el caso del ladrillo industrial perforado, los valores de $f'm$ oscilaron entre 18.45 kg/cm² y 42.45 kg/cm². Solo las Viviendas 2 y 4 superaron el límite normativo, alcanzando 42.01 kg/cm² y 42.45 kg/cm² respectivamente, lo que representa un 40% de cumplimiento dentro de este grupo. Aunque este tipo de unidad mostró el mejor desempeño relativo, los resultados indican que la calidad estructural final depende también del control en la dosificación del mortero.

Gráfico 15

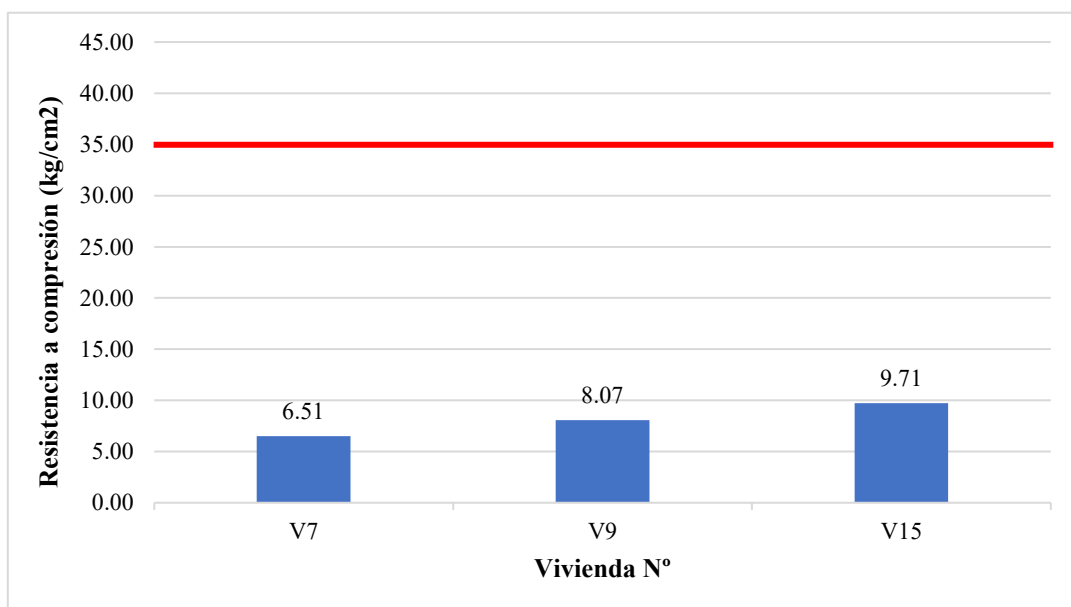
Resistencia a compresión f_m por vivienda – Ladrillo industrial (perforado)



Para las unidades tubulares, los valores variaron entre 6.51 kg/cm² y 9.08 kg/cm², evidenciando el desempeño estructural más bajo entre los tres tipos evaluados y confirmando su inadecuada calidad para uso portante.

Gráfico 16

Resistencia a compresión f_m por vivienda – Ladrillo tubular



Comparativamente, los sistemas de albañilería contruidos con ladrillo industrial perforado presentan un mejor comportamiento estructural, aunque solo el 40% logra cumplir con la resistencia axial mínima exigida por la Norma E.070. En contraste, los sistemas contruidos con ladrillos artesanales y tubulares evidencian una deficiente calidad estructural, al no alcanzar en ningún caso el valor mínimo normativo (35 kg/cm²).

Los resultados guardan coherencia con los bajos valores obtenidos en la resistencia a compresión de las unidades (f'_b), confirmando la influencia directa del tipo de ladrillo y de la calidad del mortero en el comportamiento estructural. Asimismo, la presencia de juntas de mortero con espesores mayores a los recomendados reduce la eficiencia en la transmisión de esfuerzos entre las unidades, contribuyendo a menores valores de resistencia a compresión axial de la albañilería (f'_m).

4.3.2. Resistencia a la compresión diagonal v'_m en muretes de albañilería

Se construyó dos muretes con una altura y anchura mínima de 60 cm por cada vivienda muestreada (Figura 20) y se les ensayó a los 14 días considerando los factores de corrección por edad de la Tabla 6 y siguiendo las especificaciones de la NTP 399.621 (2017) que establece el método de ensayo para evaluar la resistencia al corte diagonal de muretes de albañilería.

Figura 20

Muretes de albañilería de vivienda 3



Este ensayo permite evaluar la adherencia mortero-ladrillo y la capacidad de los muros para resistir esfuerzos cortantes, lo cual es crucial ante eventos sísmicos ya que simula la carga actuante de manera diagonal tal como se produciría en un sismo real.

La máquina de compresión utilizada corresponde a una prensa hidráulica de accionamiento manual y lectura mecánica, constituida por un marco de acero estructural, un cilindro hidráulico vertical con émbolo móvil encargado de aplicar la carga, y un manómetro analógico lateral que permite registrar la presión desarrollada durante el ensayo. La carga aplicada por el pistón se transmite uniformemente hacia la diagonal vertical del murete, conforme a lo establecido en la NTP 399.621 (2017), garantizando una correcta distribución del esfuerzo y la precisión necesaria para determinar la resistencia a compresión diagonal ($v'm$) en los especímenes ensayados.

Figura 21

Prensa hidráulica de accionamiento manual



Durante la construcción de los muretes se procuró replicar las condiciones observadas en campo, particularmente en lo referente al espesor de las juntas de mortero (las cuales son mayores a los espesores normados), con el fin de representar de manera más realista el comportamiento de los muros portantes presentes en las viviendas autoconstruidas evaluadas.

Se muestran los resultados de los ensayos de la resistencia a compresión diagonal ($v'm$) en muretes de albañilería a continuación:

Tabla 129

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 1)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm ²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm ²)
V1	MU-V1-1	60.10	62.00	11.80	720.39	2600	2.55	1.15	2.93
V1	MU-V1-2	60.00	61.80	12.00	730.80	3000	2.90	1.15	3.34
								vm =	3.14
								σ =	0.29
								v'm =	2.85

Tabla 130

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 2)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm ²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm ²)
V2	MU-V2-1	62.80	62.10	12.10	755.65	4000	3.74	1.15	4.30
V2	MU-V2-2	64.90	64.00	12.10	779.85	4500	4.08	1.15	4.69
								vm =	4.50
								σ =	0.27
								v'm =	4.22

Tabla 131

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 3)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm ²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm ²)
V3	MU-V3-1	60.00	60.40	12.00	722.40	3000	2.94	1.15	3.38
V3	MU-V3-2	60.10	60.20	12.20	733.83	2400	2.31	1.15	2.66
									vm = 3.02
									σ = 0.51
									v'm = 2.51

Tabla 132

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 4)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm ²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm ²)
V4	MU-V4-1	62.80	60.00	12.00	736.80	5100	4.89	1.15	5.63
V4	MU-V4-2	63.80	60.10	12.10	749.60	4000	3.77	1.15	4.34
									vm = 4.98
									σ = 0.91
									v'm = 4.07

Tabla 133

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 5)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm ²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm ²)
V5	MU-V5-1	60.10	60.40	11.90	716.98	1600	1.58	1.15	1.81
V5	MU-V5-2	60.00	60.40	12.00	722.40	2700	2.64	1.15	3.04
vm =									2.43
σ =									0.87
v'm =									1.56

Tabla 134

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 6)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm ²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm ²)
V6	MU-V6-1	60.40	60.30	12.10	730.24	2000	1.94	1.15	2.23
V6	MU-V6-2	60.30	60.40	12.10	730.24	2000	1.94	1.15	2.23
vm =									2.23
σ =									0.00
v'm =									2.23

Tabla 135

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 7)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm ²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm ²)
V7	MU-V7-1	60.00	62.70	10.80	662.58	3000	3.20	1.15	3.68
V7	MU-V7-2	60.10	62.80	10.80	663.66	2800	2.98	1.15	3.43
vm =									3.56
σ =									0.18
v'm =									3.38

Tabla 136

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 8)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm ²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm ²)
V8	MU-V8-1	60.40	61.50	12.10	737.50	4000	3.83	1.15	4.41
V8	MU-V8-2	60.30	62.10	12.10	740.52	3000	2.86	1.15	3.29
vm =									3.85
σ =									0.79
v'm =									3.06

Tabla 137

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 9)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm ²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm ²)
V9	MU-V9-1	63.20	66.00	11.20	723.52	2200	2.15	1.15	2.47
V9	MU-V9-2	63.10	66.90	11.50	747.50	2000	1.89	1.15	2.18
vm =									2.32
σ =									0.21
v'm =									2.11

Tabla 138

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 10)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm ²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm ²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm ²)
V10	MU-V10-1	65.40	65.30	12.00	784.20	2300	2.07	1.15	2.38
V10	MU-V10-2	65.40	64.00	11.90	769.93	2000	1.84	1.15	2.11
vm =									2.25
σ =									0.19
v'm =									2.06

Tabla 139

Resistencia a compresión v'm (Vivienda 11)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm²)
V11	MU-V11-1	57.80	61.60	12.40	740.28	2250	2.15	1.15	2.47
V11	MU-V11-2	59.00	61.40	12.30	740.46	2000	1.91	1.15	2.20
								vm =	2.33
								σ =	0.19
								v'm =	2.14

Tabla 140

Resistencia a compresión v'm (Vivienda 12)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm²)
V12	MU-V12-1	64.40	63.30	12.60	804.51	2600	2.28	1.15	2.63
V12	MU-V12-2	63.50	63.70	12.50	795.00	2400	2.13	1.15	2.45
								vm =	2.54
								σ =	0.12
								v'm =	2.42

Tabla 141

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 13)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm²)
V13	MU-V13-1	63.80	63.40	12.00	763.20	2200	2.04	1.15	2.34
V13	MU-V13-2	62.60	66.10	12.10	778.64	2600	2.36	1.15	2.71
vm =									2.53
σ =									0.26
v'm =									2.27

Tabla 142

Resistencia a compresión $v'm$ (Vivienda 14)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm²)
V14	MU-V14-1	60.10	59.90	12.40	744.00	2500	2.38	1.15	2.73
V14	MU-V14-2	58.50	59.20	12.10	712.09	2300	2.28	1.15	2.63
vm =									2.68
σ =									0.07
v'm =									2.60

Tabla 143

Resistencia a compresión v'm (Vivienda 15)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm²)
V15	MU-V15-1	61.30	65.40	11.00	696.85	2000	2.03	1.15	2.33
V15	MU-V15-2	60.50	64.60	10.90	681.80	1600	1.66	1.15	1.91
vm =									2.12
σ =									0.30
v'm =									1.82

Tabla 144

Resistencia a compresión v'm (Vivienda 16)

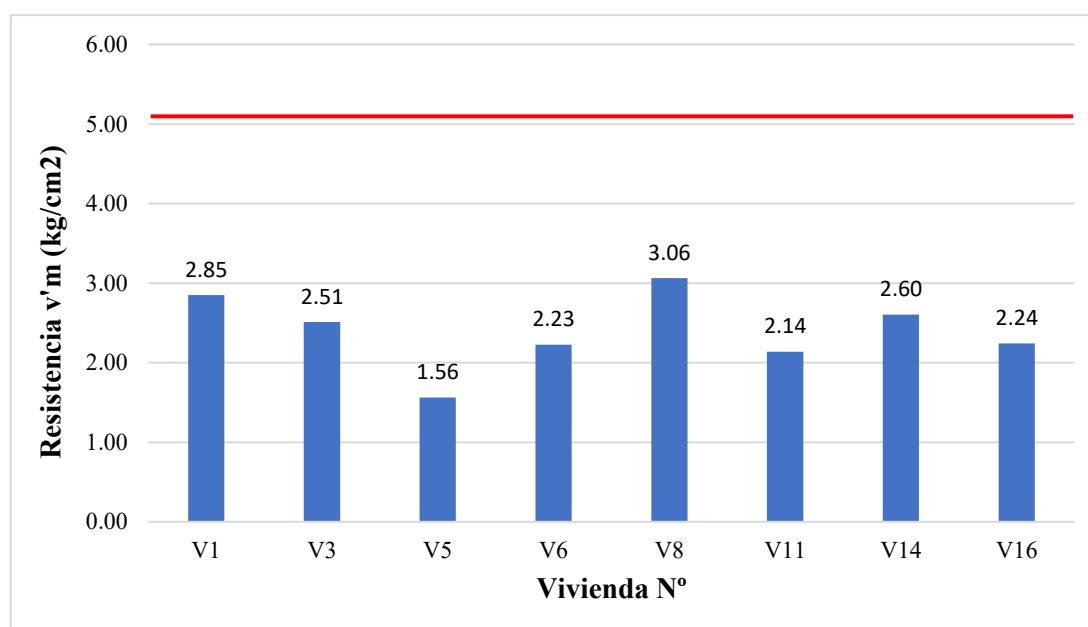
VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Área bruta (cm²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm²)
V16	MU-V16-1	60.60	62.10	12.40	760.74	2100	1.95	1.15	2.24
V16	MU-V16-2	59.80	61.20	12.80	774.40	2150	1.96	1.15	2.26
vm =									2.25
σ =									0.01
v'm =									2.24

Resumen e interpretación de resultados:

En las viviendas que emplean ladrillo artesanal, los valores de resistencia a compresión diagonal ($v'm$) oscilaron entre 1.56 kg/cm² y 3.06 kg/cm² (Gráfico 17), todos por debajo del mínimo normativo de 5.1 kg/cm². Estos resultados evidencian una deficiente calidad estructural frente a sollicitaciones laterales, asociada a la limitada resistencia mecánica de las unidades y a la baja adherencia unidad–mortero característico de procesos de fabricación artesanal.

Gráfico 17

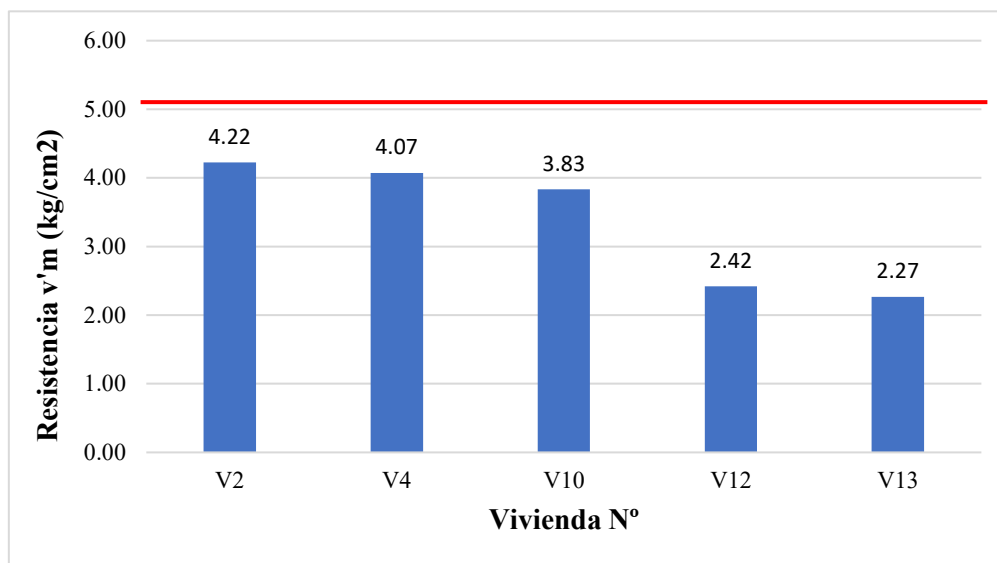
Resistencia a compresión $v'm$ por vivienda – Ladrillo artesanal



En el caso del ladrillo industrial perforado, los valores variaron entre 2.27 kg/cm² y 4.22 kg/cm² (Gráfico 18). Aunque este grupo presentó los mayores valores relativos entre los tres tipos evaluados, ninguno alcanzó el límite exigido por la Norma E.070. Esto indica que, pese a una mejor calidad dimensional y mecánica de la unidad, el sistema de albañilería no logra desarrollar una adecuada resistencia al corte.

Gráfico 18

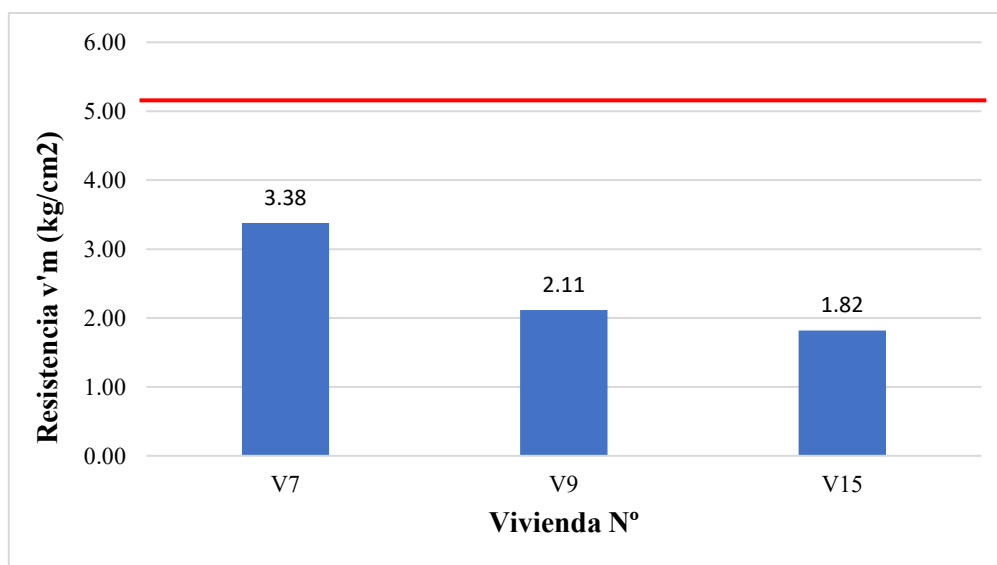
Resistencia a compresión $f'm$ por vivienda – Ladrillo industrial (perforado)



Para las viviendas que emplean unidades tubulares, los valores variaron entre 1.82 kg/cm² y 3.38 kg/cm² (Gráfico 19), evidenciando también un incumplimiento total del requisito normativo. La configuración geométrica y el elevado porcentaje de vacíos influyen negativamente en la capacidad resistente frente a esfuerzos diagonales, afectando la calidad estructural global del muro.

Gráfico 19

Resistencia a compresión $f'm$ por vivienda – Ladrillo tubular



Comparativamente, aunque algunas viviendas lograron cumplir el requisito mínimo de resistencia a compresión axial ($f'm$), el incumplimiento absoluto en la resistencia a compresión diagonal ($v'm$) evidencia que la vulnerabilidad estructural es significativamente mayor frente a sollicitaciones laterales que frente a cargas gravitatorias. Este comportamiento indica que, si bien ciertos muros podrían soportar parcialmente esfuerzos verticales, presentan una capacidad insuficiente para resistir fuerzas sísmicas, comprometiendo su desempeño estructural en un contexto de alta sismicidad. En consecuencia, el riesgo principal no radica en la capacidad de carga vertical de los muros, sino en su limitada resistencia al corte, que constituye el mecanismo crítico de falla en eventos sísmicos.

Los resultados obtenidos en la presente investigación reflejan la necesidad de mejorar los procedimientos constructivos y el control de calidad en las viviendas autoconstruidas, a fin de garantizar un desempeño estructural adecuado frente a fuerzas sísmicas que ocurrirán eventualmente.

5. CONCLUSIONES

- A. Se identificó que en las viviendas autoconstruidas evaluadas en el distrito de José Leonardo Ortiz el 50% emplea ladrillo artesanal en la construcción de muros portantes, el 31.25% utiliza ladrillo industrial perforado y el 18.75% corresponde a unidades tubulares. Esta distribución evidencia una diversidad en el tipo de unidad utilizada, predominando el ladrillo artesanal dentro de la muestra analizada.
- B. Las pruebas clasificatorias aplicadas a las unidades de albañilería evidenciaron que solo el 25% de las viviendas evaluadas (4 de 16) presentan unidades que cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la Norma E.070, correspondiendo exclusivamente a ladrillo industrial perforado. En contraste, el 100% de las unidades artesanales y tubulares no clasifican estructuralmente, principalmente por insuficiente resistencia a

compresión (f'_b), evidenciando una calidad físico-mecánica deficiente en las unidades empleadas en muros portantes dentro del distrito.

- C. Se determinó que en las viviendas donde se emplearon ladrillos perforados, el 100% de las muestras ensayadas presenta porcentajes de área de vacíos superiores al límite máximo del 30% establecido por la Norma E.070. Este incumplimiento evidencia una deficiente calidad geométrica de las unidades perforadas utilizadas y su inadecuación para su uso como elementos portantes en edificaciones ubicadas en zona sísmica 4.
- D. Los resultados de resistencia a compresión del mortero (f'_c) evidencian una dispersión significativa entre viviendas, con valores que varían ampliamente; sin embargo, el coeficiente de variación dentro de cada una se mantiene por debajo del 20%, indicando consistencia interna en la preparación del mortero. No obstante, la ausencia de criterios técnicos uniformes en la dosificación entre distintas construcciones influye directamente en la resistencia axial (f'_m) y en la resistencia a corte diagonal (v'_m), afectando la calidad estructural global del sistema de albañilería.
- E. Se determinó que el 75% de las viviendas autoconstruidas evaluadas emplean ladrillos que no cumplen con los requisitos normativos establecidos en la Norma E.070 para unidades estructurales, evidenciando una deficiente calidad físico-mecánica de las unidades utilizadas en muros portantes.
- F. Se evidenció que únicamente el 12.5% de las viviendas (2 de 16) cumple con la resistencia mínima a compresión axial (f'_m) exigida por la Norma E.070, correspondiendo ambas a viviendas que emplean ladrillo industrial. En contraste, el 100% de las viviendas construidas con ladrillo artesanal y tubular no alcanza el valor normativo, lo que confirma una deficiente calidad estructural del sistema de albañilería cuando se emplean estas unidades.

G. El 100% de los muros evaluados presenta valores de resistencia a compresión diagonal ($v'm$) inferiores al mínimo normativo de 5.1 kg/cm², lo que indica una limitada capacidad de disipación de esfuerzos cortantes y una mayor vulnerabilidad frente a acciones sísmicas en comparación con cargas gravitatorias.

6. RECOMENDACIONES

- A. Se recomienda implementar programas de capacitación técnica dirigidos a los maestros de obra, enfocados en la correcta dosificación del mortero y el cumplimiento de las especificaciones de la Norma E.070 Albañilería.
- B. Se recomienda que las municipalidades exijan la participación de un profesional responsable en la ejecución de viviendas de albañilería confinada, especialmente en zonas de alta sismicidad, a fin de garantizar el cumplimiento de los requisitos mínimos de diseño y control de calidad establecidos en la Norma E.070.
- C. Se recomienda que las autoridades locales y regionales supervisen e implementen programas de control técnico en los hornos ladrilleros artesanales del distrito de José Leonardo Ortiz, promoviendo la mejora en la selección de arcillas, el control de cocción y la verificación periódica de la resistencia de los ladrillos. Estas acciones permitirán elevar la calidad del producto final y garantizar la seguridad estructural de las viviendas construidas con dichas unidades.
- D. Se recomienda que las entidades normativas competentes (INACAL y el Ministerio de Vivienda) revisen y armonicen los criterios establecidos en la Norma E.070 Albañilería y la NTP 331.017, respecto al porcentaje mínimo del área bruta de la sección transversal en los ladrillos sólidos, a fin de evitar discrepancias técnicas en la clasificación de las unidades.
- E. Se recomienda que el INACAL evalúe la revisión y actualización de la ecuación 16.5.2 de la NTP 399.613(2017), utilizada para el cálculo del porcentaje de vacíos en unidades

de albañilería, ya que una formulación incorrecta puede generar resultados inconsistentes o poco representativos con la realidad.

- F. Se recomienda desarrollar investigaciones complementarias que evalúen el comportamiento sísmico no lineal de muros construidos con unidades perforadas utilizadas en el distrito, a fin de cuantificar su desempeño ante sollicitaciones dinámicas reales.

7. BIBLIOGRAFIA

- Abanto Castillo, T. F. (2017). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería*. Lima: Editorial San Marcos.
- Aguirre Gaspar, D. R. (2004). *Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Amache Sanchez, M., & Torres Santos, P. (2022). *Evaluación de la calidad según la norma E-070, del ladrillo producido en el distrito de Nuevo Chimbote, 2022*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Apaza Diaz, A. W. (2021). *Calidad de propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de 18 huecos comercializados en el distrito de Juliaca-2021*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Equipo Idencity. (21 de Junio de 2018). *Idencity*. Obtenido de SSSSSS: <https://www.idencityconsulting.com/viviendas-informales-en-el-peru/>
- Gallegos, H., & Carlos, C. (2005). *Albañilería estructural*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Grupo Civilizate. (30 de Octubre de 2022). *CIV*. Obtenido de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/grupocivilizate/2022/10/30/como-combatir-la-construccion-informal/>
- Guerra Paucar, C. E. (2017). *Calidad de las unidades de albañilería de arcilla según norma E.070 en la provincia de Chiclayo*. Chiclayo: Universidad César Vallejo.

- Innova PUCP. (29 de Agosto de 2022). *Innova PUCP*. Obtenido de <https://innovapucp.pucp.edu.pe/a-15-anos-del-terremoto-de-pisco/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2015). *NTP 331.017. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos*. Lima: INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad. (2015). *NTP 399.621. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería*. Lima: INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad. (2017). *NTP 399.613. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Lima: INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad. (2018). *NTP 399.605. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. 3a Edición*. Lima: INACAL.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma E.070 Albañilería*. Lima: SENCICO.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Propuesta de Norma E.070 Albañilería*. Lima: SENCICO.
- Pontifica Universidad Católica del Perú. (19 de Mayo de 2011). *Textos PUCP*. Obtenido de <https://textos.pucp.edu.pe/texto/C03-Control-de-Materiales-Curso-Albanileria-Estructural>
- Ramos Huaccharaqui, J. (2015). *Análisis y Diseño Estructural Comparativo entre Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada de una Vivienda Multifamiliar en la ciudad de Abancay*. Abancay: Universidad Alas Peruanas.
- Ruíz, F. (2022). *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería confinada en el centro poblado Puyllucana, distrito de los baños del Inca, Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Salazar Huamán, E. G. (2018). *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Jesús*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- San Bartolomé, A. (1994). *Construcciones de albañilería*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- San Bartolome, Á. (2005). *Comentarios a la norma técnica de edificación E.070 Albañilería*. Lima: SENCICO.

San Bartolome, A., & Alvaro, P. (1999). *Efectos de la edad de los especímenes de albañilería sobre su resistencia a compresión axial y diagonal*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

San Bartolomé, Á., Quiun, D., & Silva, W. (2018). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Lima: Fondo Editorial PUCP.

8. ANEXOS

8.1. Panel fotográfico

Figura 22

Ensayo de variabilidad dimensional



Figura 23

Ensayo de alabeo



Figura 24

Probetas cúbicas de mortero in situ



Figura 25

Condiciones típicas de preparación de mortero en autoconstrucciones



Figura 26

Proceso de autoconstrucción con ladrillo artesanal



Figura 27

Proceso de autoconstrucción con ladrillo industrial



Figura 28

Proceso de autoconstrucción con ladrillo tubular



Figura 29

Exceso en espesor de junta constructiva



Figura 30

Ensayo de resistencia a compresión en mortero

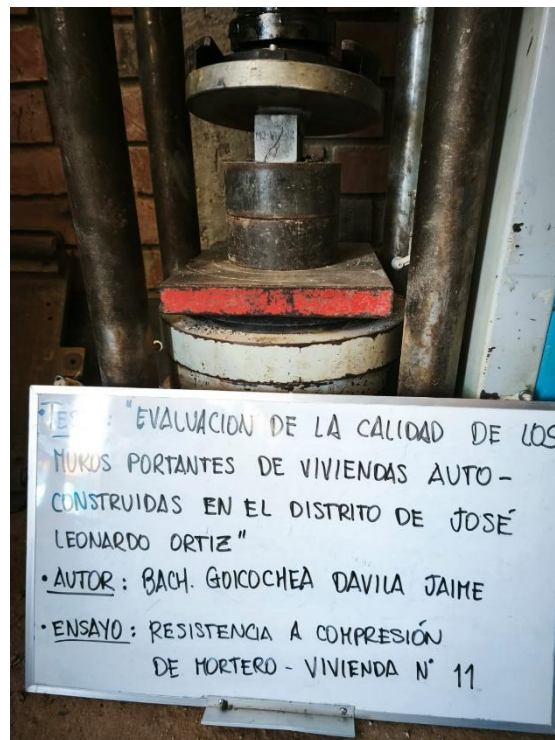


Figura 31

Proceso de capeado en unidad de albañilería



Figura 32

Ensayo de resistencia a compresión en unidad de albañilería



Figura 33

Proceso de capeado en pilas de albañilería



Figura 34

Ensayo de resistencia a compresión en pila de albañilería



Figura 35

Modo de falla frágil en pila de albañilería



Figura 36

Ensayo de resistencia a compresión diagonal en albañilería



Figura 37

Modo de falla escalonada en murete de albañilería



Figura 38

Peso de arena en probeta de 500ml para calcular el porcentaje de vacíos



Figura 39

Proceso de ensayo de porcentaje de huecos



8.2. Certificado de ensayos

Figura 40

Certificado de ensayos - Laboratorio LEMS W&C



CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 24 febrero del 2026

Quien suscribe:

Sra. Yessenia Herrera Vasquez

(e) Gerente General – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MUROS PORTANTES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL DISTRITO DE JOSÉ LEONAROD ORTIZ”**.

Por el presente, el que suscribe, Yessenia Herrera Vasquez, (e) Gerente General de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** al estudiante Jaime Alexander Goicochea Dávila identificado con DNI N° 77472846, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la **UNIVERSIDAD PEDRO RUÍZ GALLO** y autor del trabajo de investigación denominado **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MUROS PORTANTES DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN EL DISTRITO DE JOSÉ LEONAROD ORTIZ”**. para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

- Ensayo resistencia a compresión f'_c para mortero.
- Ensayo de resistencia a compresión f'_b para unidad de albañilería.
- Ensayo de resistencia a compresión prismas f'_m para albañilería.
- Ensayo de resistencia a compresión diagonal v'_m para albañilería.

Signature of Yessenia Herrera Vasquez. Below the signature, it says "YESSENIA HERRERA VÁSQUEZ (e) GERENTE GENERAL".



8.3. Formato de Ensayos

Figura 41

Formato para ensayo de variabilidad dimensional

VARIABILIDAD DIMENSIONAL																
ENSAYO:	VARIABILIDAD DIMENSIONAL															
NORMA:	NTP 399.613															
CLASE DE LADRILLO:						UBICACIÓN:										
DENOMINACION:						FECHA DE ENSAYO:										

$$V\% = \frac{ME - MP}{ME} \times 100$$

Donde:

V%: Variación Dimensional (%)

ME: Medida Especificada por el Fabricante (mm)

MP: Medida Promedio (mm)



ESPECIMEN N°	LARGO (mm)					ANCHO (mm)					ALTURA (mm)				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
L-01															
L-02															
L-03															
L-04															
L-05															
L-06															
L-07															
L-08															
L-09															
L-10															

Medida Promedio (mm) MP =

Medida Especificada del fabricante (mm) ME =

Desviación Estándar σ =

Variación Dimensional (%) V% =

Variación Dimensional Máx. Según Norma E.070 (%)

Figura 42

Formato para ensayo de Alabeo

ALABEO					
ENSAYO:	ALABEO				
NORMA:	NTP 399.613				
CLASE DE LADRILLO:		UBICACIÓN:			
DENOMINACION:		FECHA DE ENSAYO:			

VIV. N°	ESPECIMEN N°	MEDIDA CARA SUPERIOR (mm)		MEDIDA CARA INFERIOR (mm)	
		Convexidad	Concavidad	Convexidad	Concavidad
	L-01				
	L-02				
	L-03				
	L-04				
	L-05				
	L-06				
	L-07				
	L-08				
	L-09				
	L-10				
PROMEDIO (mm)					

Figura 43

Formato para ensayo de resistencia a compresión $f'b$

RESISTENCIA A COMPRESION $f'b$ DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA

ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA		
NORMA:	NTP 399.613		
CLASE DE LADRILLO:		UBICACIÓN:	
DENOMINACION:		FECHA DE ENSAYO:	

$$fb = \frac{P_{max}}{A_b}$$

$$f'b = \text{Promedio}(fb) - \sigma$$

Donde:

fb : Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm²)

P_{max} : Carga máxima de rotura (kg)

A_b : Área bruta de la unidad de albañilería (cm²)

$f'b$: Resistencia características de las unidades de albañilería (kg/cm²)

σ : Desviación estándar (kg/cm²)



ESPECIMEN N°	LARGO	ANCHO	CARGA MÁXIMA		AREA BRUTA	RESISTENCIA
	(mm)	(mm)	(kg)	(kN)	(cm²)	(kg/cm²)
L-01						
L-02						
L-03						

Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm²)

Desviación estándar

Coefficiente de variación

Resistencia característica de las unidades de albañilería (kg/cm²)

Resistencia característica de las unidades de albañilería según Norma E.070 (kg/cm²)

$fb =$

$\sigma =$

$Cv =$

$f'b =$

$f'b =$

Figura 44

Formato para ensayo de resistencia a compresión f_m

RESISTENCIA A LA COMPRESION f_m DE LA ALBAÑILERÍA									
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION f_m DE LA ALBAÑILERÍA								
NORMA:	NTP 339.605								
CLASE DE LADRILLO:					UBICACIÓN:				
DENOMINACION:					FECHA DE ENSAYO:				

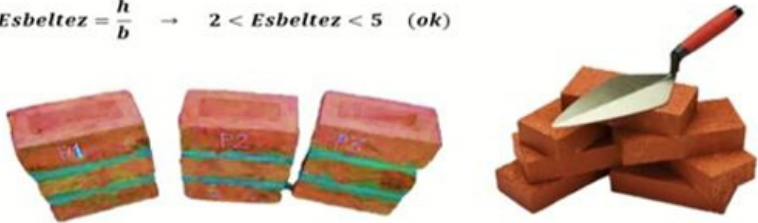
$$f_m = \frac{P_{max}}{A_b}$$

$$f'_m = \text{Promedio}(f_m) - \sigma$$

$$\text{Esbeltez} = \frac{h}{b} \rightarrow 2 < \text{Esbeltez} < 5 \quad (\text{ok})$$

Donde:

- f_m : Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm²)
- P_{max} : Carga máxima de rotura (kg)
- A_b : Área de la sección de la pila de albañilería (cm²)
- f'_m : Resistencia características de la albañilería (kg/cm²)
- σ : Desviación estándar (kg/cm²)



PILA N°	ALTO PILA "h" (cm)	ANCHO PILA (cm)	ESPESOR "b" (cm)	ESBELTEZ	P_{max} (kg)	AREA (cm²)	RESISTENCIA f_m (kg/cm²)	Factor de Corrección	RESISTENCIA f_m (kg/cm²)
P-01									
P-02									
P-03									

Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm²)

Desviación estándar

Resistencia característica de la albañilería (kg/cm²)

Error de los valores de resistencia corregidos

$$\text{Esbeltez} = \frac{h}{b} \rightarrow 2 < \text{Esbeltez} < 5 \quad (\text{ok})$$

$f_m =$	
$\sigma =$	
$f'_m =$	
$E(\%) =$	

Figura 45

Formato para ensayo de resistencia a compresión v'm

RESISTENCIA A LA COMPRESION DIAGONAL DE LA ALBAÑILERIA									
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERIA								
NORMA:	NTP 399.621								
CLASE DE LADRILLO:					UBICACIÓN:				
DENOMINACION:					FECHA DE ENSAYO:				

$$A_b = \frac{l + h}{2} * t \quad v_m = \frac{0.707 * P}{A_b} \quad v'm = \text{Promedio}(v_m) - \sigma$$

Donde:

- vm: Resistencia a la compresión diagonal de la albañilería (kg/cm²)
- P_{max}: Carga máxima de rotura (kg)
- A_b: Área bruta del espécimen (cm²)
- v'm: Resistencia característica del murete de albañilería (kg/cm²)
- σ: Desviación estándar (kg/cm²)

VIV. N°	Espécimen N°	Largo "l" (cm)	Altura "h" (cm)	Espesor "t" (cm)	Area bruta (cm²)	P _{max} (kg)	Resistencia vm (kg/cm²)	Factor de Corrección	Resistencia vm (kg/cm²)
Resistencia a la compresión diagonal de la albañilería (kg/cm²)								vm =	
Desviación estándar								σ =	
Resistencia característica del murete de albañilería (kg/cm²)								v'm =	

Figura 46

Formato para ensayo de porcentaje de huecos

PORCENTAJE DE HUECOS			
ENSAYO:			
NORMA:	NTP 399.613		
CLASE DE LADRILLO:		UBICACIÓN:	
DENOMINACION:		FECHA DE ENSAYO:	

$$V_s = \frac{500\text{ml}}{S_c} * S_u \quad \% \text{Area}_{\text{vacíos}} = \frac{V_s}{V_u} * 100$$

Donde:

Vs: Volumen de arena en el espécimen de ensayo (cm³)

Vu: Volumen del espécimen de ensayo (cm³)

Su: Peso de la arena contenida en el espécimen de ensayo (g)

Sc: Peso de 500ml de arena en la probeta (g)

VIV. N°	MUESTRA N°	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN LADRILLO (cm³)	PESO DE ARENA EN MUESTRA (g)	PESO DE ARENA EN PROBETA (g)	VOLUMEN DE ARENA EN MUESTRA (cm³)	AREA DE VACIOS (cm²)	PORCENTAJE VACIOS (%)

%vacíos =