

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS
PILAS FABRICADAS CON LADRILLO INDUSTRIAL Y ARTESANAL
DE ARCILLA EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, CURADO CON
AGUA Y CON OTROS TIPOS DE CURADO**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERIA CIVIL

Presentada por:

RUTH MERY MALAVER AGUILAR

Asesor:

Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca, Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Ruth Mery Malaver Aguilar
DNI: 40441360
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería Civil
2. Asesora: Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☒ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Comparación de la resistencia a la compresión de las pilas fabricadas con ladrillo industrial y artesanal de arcilla en la ciudad de Cajamarca, curado con agua y con otros tipos de curado
6. Fecha de evaluación: 05/11/2025
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 24%
9. Código Documento: 3117:523298398
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 07/11/2025

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
DNI: 26733060

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by
RUTH MERY MALAVER AGUILAR
Todos los derechos reservados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

ESCUELA DE POSGRADO

CAJAMARCA – PERU

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



Siendo las 11:30... horas, del día 10 de Octubre de dos mil veinticinco, reunidos en el Aula 1Q-107 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. JAIME OCTAVIO AMORÓS DELGADO**, **DRA. YVONNE KATHERINE FERNÁNDEZ LEÓN**, **M. CS. JOSÉ LUIS MARCHENA ARAUJO**, y en calidad de Asesor el **DR. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la TESIS titulada: **“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PILAS FABRICADAS CON LADRILLO INDUSTRIAL Y ARTESANAL DE ARCILLA EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, CURADO CON AGUA Y OTROS TIPOS DE CURADO”**, presentada por la bachiller en Ingeniería Civil **RUTH MERY MALAVER AGUILAR**.

Realizada la exposición de la TESIS y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBADA..... con la calificación de DIECISIETE (17)..... EXCELENTE la mencionada TESIS; en tal virtud, la bachiller en Ingeniería Civil, **RUTH MERY MALAVER AGUILAR**, se encuentra apta para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con mención en **INGENIERÍA CIVIL**.

Siendo las 13:00..... horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Asesor


.....
Dr. Jaime Octavio Amorós Delgado
Jurado Evaluador


.....
Dra. Yvonne Katherine Fernández León
Jurado Evaluador


.....
M. Cs. José Luis Marchena Araujo
Jurado Evaluador

A:

A Mi madre, Julia Aguilar, por su amor, paciencia, respaldo constante y ser mi roca en todos los aspectos de mi vida.

A mi amada hija, Cristina Arleth, por su alegría y amor puro, cuya sola presencia ilumina mi vida y me motiva a ser mejor cada día.

A mi padre Segundo, que, aunque ya no está, vive en cada uno de mis logros.

A mis hermanos Silvia y Walter, por sus palabras de aliento y por motivarme a siempre a seguir adelante en todo momento.

Ruth Mery

AGRADECIMIENTO

A Dios, por colmar mi vida de bendiciones y otorgarme la fortaleza y sabiduría necesarias para perseverar en cada etapa de este camino.

A mi madre, Julia, por su constante motivación, respaldo inquebrantable y ejemplo de perseverancia los cuales me impulsaron a culminar cada uno de mis proyectos.

A mi hija, Cristina, por su amor puro y por ser mi mayor fuente de fortaleza e inspiración.

A mis hermanos, Silvia y Walter, por su constante apoyo, paciencia y sus sabios consejos, así como por motivarme a superarme cada día en todos los aspectos de mi vida.

Extiendo también mi agradecimiento a toda mi familia por su constante compañía, cariño y respaldo a lo largo de este camino.

Al estimado asesor, el doctor Miguel Ángel Mosqueira Moreno, por su guía, compromiso, así como su valioso apoyo a lo largo del desarrollo de esta tesis.

Al doctor Jaime Octavio Amorós Delgado, por sus valiosos aportes, y la disposición para compartir su conocimiento y experiencia.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, por ser el espacio donde adquirí no solo conocimientos, sino también experiencias y aprendizajes que marcaron mi desarrollo personal y profesional.

A mis amigos, por su apoyo y palabras de aliento durante este proceso.

“Cuando hagan cualquier trabajo, háganlo de todo corazón, como si estuvieran
trabajando para el Señor y no para los seres humanos”.

Colosenses 3:23

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Epígrafe	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Contextualización	1
1.1.2. Descripción del problema	3
1.1.3. Formulación del problema	6
1.2. Justificación e importancia	6
1.3. Delimitaciones de la investigación	8
1.4. Limitaciones	9
1.5. Objetivos	10
1.5.1. Objetivo general	10
1.5.2. Objetivos específicos	10

CAPÍTULO II	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes de la investigación	11
2.1.1. Internacionales	11
2.1.2. Nacionales	14
2.1.3. Locales	16
2.2. Marco Normativo Peruano	18
2.3. Marco Conceptual	19
2.3.1. Mortero	19
2.3.2. Albañilería	23
2.3.3. Curado	35
2.3.4. Prismas o pilas de albañilería	42
2.3.5. Resistencia a la compresión de prismas de albañilería	43
2.4. Definición de términos básicos	45
CAPÍTULO III	48
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	48
3.1 Hipótesis	48
3.1.1. Hipótesis general	48
3.1.2. Hipótesis específicas	48
3.2. Variables de estudio	48
3.3. Operacionalización / Categorización de los componentes de la Hipótesis	50
CAPÍTULO IV	51
MARCO METOLÓGICO	51
4.1. Ubicación geográfica	51

4.1.1. Ubicación geográfica de estudio	51
4.1.2. Ubicación de la ladrillera	52
4.1.3. Ubicación de la cantera de agregados	54
4.2. Diseño de la investigación	54
4.2.1. Diseño	54
4.2.2. Tipo	55
4.2.3. Nivel	55
4.3. Ensayos de la Investigación	55
4.3.1. Ensayo granulométrico de la arena gruesa	55
4.3.2. Ensayos del ladrillo	56
4.3.3. Pilas de albañilería	61
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación	64
4.4.1. Población	64
4.4.2. Muestra	64
4.4.3. Unidad de Análisis	67
4.4.4. Unidad de Observación	67
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información	67
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de información	68
4.6.1. Técnicas	68
4.6.2. Análisis de información	69
4.7. Personal, materiales, equipos e insumos	69
4.7.1. Personal	69
4.7.2. Materiales	70
4.7.3. Equipos	71
4.8. Matriz de consistencia metodológica	73

CAPÍTULO V	75
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
5.1. Presentación de resultados	75
5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados	84
5.3. Contrastación de hipótesis	91
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
ANEXOS	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Granulometría de la arena gruesa	21
Tabla 2	Tipos de mortero	22
Tabla 3	Clase de unidades de albañilería para fines estructurales	26
Tabla 4	Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	30
Tabla 5	Clase de ladrillo de acuerdo al alabeo	33
Tabla 6	Métodos para determinar $f'm$	44
Tabla 7	Factor de corrección por edad	45
Tabla 8	Tabla de operacionalización y categorización de los componentes de las hipótesis	49
Tabla 9	Cantidad de pilas de ladrillo artesanal, frecuencia de curado del ladrillo	62
Tabla 10	Cantidad de pilas de ladrillo industrial, frecuencia de curado del ladrillo	63
Tabla 11	Pilas de ladrillo artesanal de arcilla que representen a la muestra	65
Tabla 12	Pilas de ladrillo industrial de arcilla que representan a la muestra	65
Tabla 13	Técnicas e instrumentos de recopilación de información	67
Tabla 14	Matriz de consistencia metodológica	73
Tabla 15	Características de las unidades de albañilería ensayadas	74

Tabla 16 Resultados de variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla	74
Tabla 17 Resultados de variación dimensional del ladrillo industrial de arcilla	75
Tabla 18 Resultados de alabeo del ladrillo artesanal de arcilla	75
Tabla 19 Resultados de alabeo del ladrillo industrial de arcilla	75
Tabla 20 Resultados de compresión simple del ladrillo artesanal de arcilla ...	75
Tabla 21 Resultados de compresión simple de ladrillo industrial de arcilla	76
Tabla 22 Resultados de succión del ladrillo artesanal de arcilla	77
Tabla 23 Resultados de succión del ladrillo industrial de arcilla	77
Tabla 24 Resultados de absorción del ladrillo artesanal de arcilla	77
Tabla 25 Resultados de absorción del ladrillo industrial de arcilla	77
Tabla 26 Resultados de resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal	78
Tabla 27 Resultados de resistencia a la compresión característica de pilas de ladrillo artesanal	78
Tabla 28 Porcentaje de variación de pilas de ladrillo industrial de arcilla curadas, respecto a las sin curado (pilas patrón)	79
Tabla 29 Resultados de resistencia a la compresión de pilas de ladrillo industrial	80
Tabla 30 Resultados de resistencia a compresión característica de pilas de ladrillo industrial	80
Tabla 31 Porcentaje de variación de pilas de ladrillo artesanal de arcilla curadas, respecto a las sin curado (pilas patrón)	81

Tabla 32 Resultados de la resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal e industrial	82
Tabla 33 Resultados de variabilidad de ladrillo artesanal de arcilla	102
Tabla 34 Resultados de variabilidad de ladrillo industrial de arcilla	103
Tabla 35 Resultados de alabeo de ladrillo artesanal de arcilla	103
Tabla 36 Resultados de alabeo de ladrillo industrial de arcilla	104
Tabla 37 Resultados de compresión simple de ladrillo artesanal de arcilla ...	104
Tabla 38 Resultados de compresión simple de ladrillo industrial de arcilla ...	105
Tabla 39 Resultados de succión de ladrillo artesanal de arcilla	105
Tabla 40 Resultados de succión de ladrillo industrial de arcilla	106
Tabla 41 Resultados de absorción de ladrillo artesanal de arcilla	106
Tabla 42 Resultados de absorción de ladrillo industrial de arcilla	107
Tabla 43 Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal sin curado	108
Tabla 44 Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal curadas con Sika® Antisol®S	108
Tabla 45 Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal sumergidas en agua	109
Tabla 46 Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal curadas con agua 1 vez al día	109
Tabla 47 Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal curadas con agua 3 vez al día	110
Tabla 48 Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial sin curado	110

Tabla 49 Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial curadas con Sika® Antisol®S	111
Tabla 50 Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial sumergidas en agua	111
Tabla 51 Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial curadas con agua 1 vez al día	112
Tabla 52 Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial curadas con agua 3 veces al día	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Medición de especímenes	24
Figura 2	Unidad de albañilería alveolar	26
Figura 3	Unidad de albañilería hueca	27
Figura 4	Unidad de albañilería sólida o maciza	27
Figura 5	Unidad de albañilería tubular o pandereta	28
Figura 6	Prisma estándar para el ensayo a compresión	43
Figura 7	Fotografía satelital de la ubicación del laboratorio de ensayo de materiales en la UNC, donde se realizó el estudio	51
Figura 8	Fotografía satelital de la ladrillera Romero Terrones en Cajamarca.	52
Figura 9	Fotografía satelital de la ubicación de la cantera “El Gavilán” en Cajamarca	53
Figura 10	Comparación de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial y artesanal de arcilla	76
Figura 11	Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo industrial de arcilla.	79
Figura 12	Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal de arcilla.	81
Figura 13	Comparación de la resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal e industrial de arcilla.....	82
Figura 14	Ensayo de alabeo a las unidades de ladrillo industrial de arcilla ...	113
Figura 15	Ensayo de succión a las unidades de ladrillo artesanal de arcilla..	113
Figura 16	Ensayo a la compresión de unidades de ladrillo artesanal en presencia del Ing. Miguel Mosqueira Moreno	114
Figura 17	Ensayo a compresión de unidades de ladrillo artesanal de arcilla.	114

Figura 18 Ensayo a la compresión de unidades de ladrillo industrial de arcilla	115
Figura 19 Realizando el curado con agua a las pilas de ladrillos industriales y artesanales de arcilla en el laboratorio de materiales	115
Figura 20 Traslado de las pilas de ladrillo industrial de arcilla al laboratorio ..	116
Figura 21 Ensayo a la compresión de pilas de ladrillo industrial de arcilla	116
Figura 22 Ensayo a la compresión de pilas de ladrillo artesanal de arcilla	117
Figura 23 Ensayo a la compresión de pilas de ladrillo industrial de arcilla	117

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

NTP: Norma Técnica Peruana.

NT: Norma Técnica.

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.

SENCICO: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción.

CAPECO: Cámara Peruana de la Construcción.

UNC: Universidad Nacional de Cajamarca.

INACAL: Instituto Nacional de Calidad.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la variación de la resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial y artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curar, en comparación con las pilas sometidas a diferentes tipos de curado. Se utilizaron ladrillos industriales de arcilla King Kong 18H SIPÁN y ladrillos artesanales de arcilla del Centro Poblado “El Cerrillo”. Se construyeron 25 pilas con ladrillo industrial y 25 pilas con ladrillo artesanal, con un espesor de junta de 1 cm y mortero en dosificación cemento/arena (1:4). De cada tipo de ladrillo, 5 pilas no fueron sometidas a ningún tipo de curado, y el resto cada 5 pilas fueron sometidas a diferentes tipos de curado como: rociado con Sika® Antisol®S, inmersión en agua, rociado una vez al día y tres veces al día; luego de 28 días fueron sometidas a la compresión. Las pilas construidas con ladrillo industrial generaron disminuciones en la resistencia a la compresión (13.17%, 26.21% y 25.16%, respectivamente), mientras que el rociado tres veces al día produjo un ligero aumento del 4.85%. En el caso de las pilas construidas con ladrillo artesanal, experimentaron incrementos en la resistencia a la compresión de 12.41%, 35.06%, 14.41% y 16.73% respectivamente. Se concluye que las pilas construidas con ladrillo artesanal curadas, varían incrementando su resistencia a la compresión y las pilas construidas con ladrillo industrial curadas, varían disminuyendo en su mayoría su resistencia a la compresión.

Palabras clave: Curado, Sika® Antisol® S, resistencia a la compresión, ladrillo artesanal, ladrillo industrial, calidad del material.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the variation in compressive strength of piles constructed with uncured industrial and artisanal clay bricks from the city of Cajamarca, compared to piles with different curing methods. King Kong 18H SIPÁN industrial clay bricks and artisanal clay bricks from the El Cerrillo Population Center were used. Twenty-five piles were constructed with industrial bricks and 25 piles with artisanal bricks, with a joint thickness of 1 cm and mortar in a cement/sand ratio (1:4). Of each brick type, five piles did not undergo any type of curing, while the remaining five piles underwent various curing methods, including spraying with Sika® Antisol®S, immersion in water, and spraying once a day and three times a day. After 28 days, they were subjected to compression. The piles constructed with industrial brick showed decreases in compressive strength (13.17%, 26.21%, and 25.16%, respectively), while spraying three times a day produced a slight increase of 4.85%. In the case of piles constructed with artisanal brick, compressive strength increases were observed by 12.41%, 35.06%, 14.41%, and 16.73%, respectively. It is concluded that piles constructed with cured artisanal bricks increased their compressive strength, while those constructed with cured industrial bricks mostly decreased their compressive strength.

Keywords: Cured, Sika Antisol, compressive strength, artisanal brick, industrial brick, material quality.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

La construcción de mampostería se ha utilizado en la construcción durante mucho tiempo debido a la disponibilidad de materia prima, la rentabilidad, la excelente resistencia a la compresión, la durabilidad y la facilidad de construcción. Las estructuras de mampostería representan más del 70 % de la construcción mundial de edificios (Yang et al., 2025).

En el mundo de la construcción la albañilería ha sido inseparable desde la antigüedad. La albañilería ha evolucionado de la mano de las nuevas técnicas y materiales constructivos, y hoy en día puede variar ampliamente en su composición y estructura, aunque sigue siendo indispensable en prácticamente todos los proyectos de arquitectura (CEMENTOS INKA, 2018).

La mampostería de ladrillo de arcilla constituye uno de los sistemas constructivos más antiguos y ampliamente utilizados en el mundo debido a su disponibilidad, bajo costo y propiedades térmicas y mecánicas favorables. Sin embargo, las características del ladrillo – especialmente en su resistencia a la compresión- dependen significativamente de las condiciones de fabricación, tipo de materia prima, proceso de cocción y curado (Stępien et al., 2022).

Los muros de mampostería son reconocidos por su resistencia y durabilidad en la construcción. Sin embargo, existe la idea errónea de que estos muros simplemente se "secan" después de la construcción, como el agua que se

evapora de una superficie húmeda. En realidad, los muros de mampostería se someten a un proceso de curado crucial, vital para su rendimiento a largo plazo (TESSELLE, 2024).

Uno de los factores más determinantes en el desarrollo del comportamiento mecánico del mortero es el proceso del curado, influyendo directamente en la hidratación del cemento, lo que afecta la resistencia y durabilidad del material. Un curado deficiente puede provocar fisuras, pérdida de cohesión y disminución significativa de la resistencia estructural. Por ello, la aplicación de un método de curado adecuado resulta fundamental para asegurar que el conjunto ladrillo-mortero actúe como un sistema monolítico eficiente, apto para soportar las cargas y condiciones ambientales a las que estará expuesto el edificio.

El curado, aunque es un concepto más asociado a materiales como el concreto o el mortero, también afecta el desempeño de los elementos de mampostería. El tipo y duración del curado afectan la hidratación, la adherencia entre mortero y ladrillo y, en consecuencia, la resistencia global de la pila (Oke & Abuel-Naga, 2025).

El curado en la albañilería es un proceso crítico que garantiza la correcta hidratación del mortero o concreto, favoreciendo el desarrollo de sus propiedades mecánicas y minimizando la aparición de fisuras o grietas en la estructura. Una adecuada conservación de la humedad durante el período de fraguado permite optimizar la resistencia a la compresión y prolongar la vida útil de las edificaciones (Luna Tejada, 2020).

El curado húmedo es un proceso que mantiene un nivel adecuado de humedad durante un periodo definido. Este es un paso esencial en el proceso de

curado de algunos morteros, ya que permite que el material desarrolle sus propiedades físicas y mecánicas (resistencia a la compresión, resistencia a los ciclos de hielo-descongelación, adherencia, etc.). El curado húmedo también ayuda a reducir el riesgo de retracción, lo que a su vez contribuye a mantener la unión entre el mortero y la mampostería, lo que, en última instancia, mantiene la estanqueidad del edificio (Sika Canadá, 2025).

Entre las características y ventajas que presenta el uso de Sika® Antisol® S, se destacan su capacidad para controlar la hidratación del cemento, reemplazando métodos de curado costosos y contribuyendo al logro de las resistencias requeridas (Sika Perú, 2025). De esta manera, se garantiza una solución rentable y eficiente que asegura una construcción resistente y de larga duración.

1.1.2. Descripción del problema

En la zona de Cajamarca, el uso de ladrillos de arcilla es una práctica común debido a la disponibilidad local del material y su bajo costo. Sin embargo, la resistencia a la compresión de estos ladrillos varía según su procedencia y proceso de fabricación, afectando directamente la seguridad y durabilidad de las estructuras. Los ladrillos industriales suelen cumplir normas técnicas, mientras que los artesanales presentan variaciones significativas en sus propiedades mecánicas debido a la materia prima, el proceso de fabricación y el curado, siendo fundamental evaluar estas diferencias (Cuenca, 2020).

La capacidad de carga a compresión de pilas es un indicador clave de su capacidad estructural. Investigaciones han evidenciado que las pilas construidas con ladrillos industriales tienen una resistencia a compresión significativamente

mayor que aquellas construidas con ladrillos artesanales. Por ejemplo, Silva (2019) reportó resistencias a la compresión de 48.83 kg/cm² a 60.51 kg/cm² para pilas de ladrillo industrial, mientras que las pilas de ladrillo artesanal presentaron resistencias de 15.57 kg/cm² a 21.24 kg/cm².

El proceso de hidratación del cemento se caracteriza entre otras cosas, que es muy rápido en las primeras edades y es muy sensible a la temperatura a la cual se desarrolla. Por ello, el proceso de curado se encuentra entre los factores más importantes para asegurar la integridad de una estructura que ha sido bien diseñada. El curado temprano de las estructuras es un método apropiado para evitar fisuras por contracción plástica y por contracción de secado, para mantener en el material las condiciones de humedad y temperatura que garanticen la completa hidratación del cementante y el desarrollo de su resistencia potencial (TOXEMENT, 2020).

Las normas ASTM no abordan de manera directa el curado en albañilería, ya que se enfocan principalmente en el curado del hormigón y los agregados. Sin embargo, sí establecen lineamientos relacionados con el curado en albañilería a través del manejo de morteros y cementos, específicamente mediante la norma ASTM C109, que se refiere a la resistencia del mortero, y la norma ASTM C31, que regula la preparación y el curado de probetas de concreto.

Además, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) de Perú, en su Norma E-070, no menciona de manera específica el curado en albañilería, ya que se enfoca principalmente en normas relativas a los materiales, morteros, construcción, diseño y especificaciones para la albañilería estructural, entre otros aspectos. Por lo tanto, existe una carencia de información específica sobre el

curado en albañilería, así como sobre los diferentes métodos que se pueden emplear, dado que la mayoría de los estudios se centran en el curado del concreto.

Así mismo, para el caso del mortero de la junta, depende de que el cemento logre el mayor grado de hidratación posible, haciendo necesario evitar que el mortero pierda el agua de mezcla, por eso es importante curar los muros de albañilería una vez contruidos (Cabrera, 2023).

Según el comportamiento y tipo de falla de las pilas ante cargas axiales, dependen de la interacción que exista entre las caras de asiento de las unidades y el mortero. Además, sostiene que las unidades y el mortero tienen diferentes rigideces. Entonces, al ser sometidos al mismo esfuerzo normal, y al estar integrados los materiales, el material menos deformable (generalmente las unidades) restringe las deformaciones transversales del material más deformable (el mortero), introduciendo esfuerzos de compresión en la dirección transversal, que se traducen en tracciones laterales sobre la unidad, que dan lugar a las grietas verticales (San Bartolomé et al., 2019).

De acuerdo a la Norma E-070 (2019), cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería (f_m), deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra.

La resistencia a la compresión de pilas de ladrillos, tanto industriales como artesanales, curadas adecuadamente, puede variar aproximadamente un 10% en comparación con pilas no curadas. Esta variación constituye un riesgo potencial para la estabilidad de las estructuras, ya que la ausencia de un curado óptimo puede reducir la capacidad de carga de los muros y comprometer la integridad de la edificación. A pesar de la relevancia de este fenómeno, la investigación comparativa que cuantifique de manera precisa la diferencia de resistencia entre

ladrillos curados y no curados, considerando tanto los ladrillos industriales como los artesanales, es limitada.

Por consiguiente, debido a la alta demanda de construcción de viviendas en nuestra ciudad, se hace imperiosa la necesidad de explorar métodos de curado poco conocidos que permitan incrementar la durabilidad y resistencia de las construcciones en el contexto local. Esto es fundamental, ya que el desarrollo de un curado adecuado contribuye directamente a la durabilidad de las estructuras, un aspecto de suma importancia para el desarrollo y sostenibilidad en nuestro país.

1.1.3. Formulación del problema

El problema que aborda este estudio se precisa mediante la siguiente pregunta:

¿Cuál es el porcentaje de variación de la resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial y artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curar, en comparación con las sometidas a diferentes tipos de curado?

1.2 Justificación e importancia

El presente estudio de investigación se fundamenta en la necesidad de incrementar la limitada información disponible acerca de los tipos de curado en albañilería y su impacto en capacidad de carga. Actualmente, se desconoce cuál es el método más adecuado para optimizar esta propiedad estructural, lo que

representa un vacío significativo en la literatura y en la práctica constructiva (Norma E-070, 2019). Generalmente, las pilas que son de albañilería se elaboran en obra bajo condiciones estándar de consistencia del mortero, humedad, espesor de juntas y habilidad del trabajador, sin que exista un consenso claro sobre el proceso de curado más eficiente.

Esta investigación contribuye no solo a la generación de conocimiento científico actual, sino también a la creación de una base sólida para futuras indagaciones relacionadas con el curado en albañilería. Además, responde a una necesidad práctica en la ciudad de Cajamarca, donde el incremento en las edificaciones de albañilería, motivado por su bajo costo y el crecimiento poblacional urbano, demanda el desarrollo de técnicas que permitan mejorar la resistencia estructural. Por ello, resulta fundamental identificar el método de curado —ya sea mediante el uso de agua o materiales sellantes en ladrillos industriales o artesanales— que maximice la capacidad de carga a la compresión.

El análisis comparativo de diferentes tipos de curado permitirá ofrecer alternativas prácticas aplicables en la industria de la construcción, especialmente en contextos en el que se utilicen ladrillos de arcilla, artesanales o industriales. Los resultados de esta investigación serán de gran utilidad para evaluar el comportamiento estructural de muros elaborados con pilas de estos materiales, enfrentando el desafío de determinar si el uso de agua o Sika® Antisol® S incrementa significativamente la capacidad de carga en comparación con pilas que no se han curado. Esto posibilitará la toma de decisiones fundamentadas que contribuyan a la mejora del diseño y la durabilidad de las edificaciones.

En este sentido, la Universidad Nacional de Cajamarca, por medio de su Escuela de Posgrado y Maestría en Ciencias con mención en Ingeniería Civil,

asume un rol trascendental en el perfeccionamiento profesional mediante la investigación científica, fomentando el desarrollo de conocimientos que impacten favorablemente tanto a nivel local como nacional.

Finalmente, esta investigación representa una oportunidad para aportar conocimiento significativo en el campo de la ingeniería civil, específicamente en albañilería, facilitando la exploración de nuevas técnicas de curado que potencien la resistencia estructural. De esta manera, se fortalece el desarrollo tecnológico y científico de la comunidad, promoviendo edificaciones más seguras y duraderas en nuestra región.

1.3. Delimitaciones de la investigación

El presente estudio de investigación se enfocó en estudiar la variación en la resistencia a la compresión de pilas de mampostería construidas con unidades de ladrillos artesanales así como industriales, sometidas a distintos tipos de curado: aplicación de Sika® Antisol® S, inmersión en agua, riego una vez al día y tres veces al día.

El presente estudio se desarrolló entre los meses de marzo a julio del 2024, en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca. Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de ensayo de materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Las unidades de albañilería utilizadas fueron ladrillos de fabricación artesanal de arcilla, provenientes del Centro Poblado “El Cerrillo”, y ladrillos industriales de arcilla de tipo King Kong 18H SIPÁN.

El mortero empleado de dosificación cemento/arena de 1:4, utilizando Cemento Pacasmayo Tipo I y arena extraída de la cantera “El Gavilán”.

Las juntas de los elementos de albañilería fueron de 1cm de espesor.

El agua utilizada para la elaboración del mortero y los procesos de curado fue agua potable, proveniente del laboratorio de materiales.

Para el curado de las pilas, se emplearon dos materiales principales: Sika® Antisol® S y agua.

Las pilas fueron curadas mediante cuatro métodos de curado: inmersión en agua, aplicación de Sika® Antisol® S, riego una vez al día y riego tres veces al día.

La investigación se limitó al análisis de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal e industrial, bajo los distintos métodos de curado como son: inmersión en agua, aplicación de Sika® Antisol® S, riego una vez al día y riego tres veces al día.

1.4. Limitaciones

En el desarrollo de la presente investigación, no se construyeron pilas con más de cinco hiladas de ladrillo debido a las restricciones dimensionales de la abertura de la máquina universal del laboratorio de materiales, la cual no permite ensayar elementos de mayor altura. Esta limitación condicionó el número máximo de hiladas en los especímenes evaluados.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Determinar la variación de la resistencia a compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial y artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curar, en comparación con las pilas sometidas a diferentes tipos de curado.

1.5.2. Objetivos específicos

- Comparar la resistencia a la compresión del ladrillo industrial y artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca.
- Determinar la resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curar, rociadas con Sika® Antisol®S, inmersas en agua, rociadas con agua una vez al día y tres veces al día.
- Determinar la resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curar, rociadas con Sika® Antisol®S, inmersas en agua, rociadas con agua una vez al día y tres veces al día.
- Comparar la resistencia a la compresión de las pilas construidas de ladrillo industrial y artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curado, con las sometidas a diferentes tipos de curado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Dalalbashi et al. (2022), en su estudio titulado *“Efecto de las condiciones de curado temprano y preparación del sustrato sobre las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos de mampostería-TRM”*, de la Universidad de Minho de Portugal, presenta una investigación experimental sobre el efecto de las condiciones de curado y el pre acondicionamiento del sustrato en el rendimiento de los compuestos TRM (morteros reforzados con textiles), utilizados para fortalecer estructuras de mampostería. Para ello, se consideran tres condiciones de curado diferentes y tres niveles distintos de grados de aturdimiento del sustrato (antes de la aplicación de TRM). La condición del ladrillo parece tener un impacto significativo en el comportamiento de unión del mortero al sustrato. Comparando la relación de explotación (η) de las muestras S_PL-1_D, S_PL-1_SS y S_PL-1_SA (ladrillos secos, semi y saturados con estado de curado con mortero PL-1), η ha aumentado cuando los ladrillos tienen un mayor contenido de humedad inicial ($\eta = 35 \%$, 48% y 59% , respectivamente). Sin embargo, el curado del mortero en condiciones de alta humedad durante las primeras edades (curado PL-7 y RH-7) puede disminuir la influencia del sustrato en el comportamiento adhesivo. Estos hallazgos también se corroboran comparando las cargas máximas (PP) de las pruebas de extracción y cizallamiento de una sola vuelta. En condiciones de

curado PL-1 y condiciones de sustrato semis aturado o saturado (condiciones SS y SA), el PP de las pruebas de cizallamiento de una sola vuelta es mayor que el de la prueba de extracción. Para las condiciones PL-7, el PP de las pruebas de corte de extracción y de una sola vuelta está en el mismo rango (sin embargo, el PP es menor para la condición de ladrillo seco). También se observan resultados comparables para las condiciones RH-7. Como resultado, está claro que el alto contenido de humedad en el mortero (debido a un curado adecuado o a la falta de succión del agua del mortero por el sustrato) da como resultado un mayor grado de hidratación en el mortero y un mejor rendimiento de adhesión; mejorando la resistencia a compresión en albañilería.

Gul et al. (2021), en su investigación titulada *“Mortero innovador sin curado para un mejor rendimiento de la mampostería de ladrillo: un análisis de propiedades mecánicas”*, de la Universidad de Ingeniería y Tecnología, Peshawar en Pakistán, tuvieron como objetivo desarrollar una nueva mezcla de mortero que no requiere curado en la construcción de mampostería. Para ello, se utilizaron materiales disponibles localmente como cemento, arena, residuos de mármol e hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) en la preparación de la novedosa composición de mortero. La nueva composición de mortero finalizó después de hacer una evaluación a sus propiedades con variaciones en las cantidades de sus materiales constituyentes. Utilizando la mezcla final de mortero, se fabricaron prismas de mampostería y se probaron a los 28 días de edad para la compresión y la tensión diagonal, mientras que se utilizaron prismas triplete para evaluar sus parámetros iniciales de cizallamiento. Los resultados de prismas de albañilería contruidos con la novedosa composición de mortero se compararon con muestras de control que contenían cemento-mortero de arena curado durante diferentes períodos. Los

resultados indicaron que el rendimiento de la mampostería construida con el novedoso blend es idéntico al de la mampostería convencional curada durante 28 días. Sin embargo, en comparación con la mampostería convencional curada durante 3 días, la mampostería construida con una mezcla novedosa mostró una mejora del 55%, 12% y 90% en la resistencia al corte, la resistencia a compresión, así como la resistencia al corte diagonal, respectivamente. La novedosa composición del mortero puede utilizarse en la construcción de mampostería sin necesidad de curar.

Fernandes et al. (2022), en su investigación *“Efecto del curado post-fuego sobre el comportamiento mecánico residual de morteros de albañilería de cemento-cal”* de la Universidad de Sao Paulo, Brasil; indica que los morteros de cal se han empleado en gran medida en estructuras de mampostería contemporáneas. Aunque generalmente se analizan en condiciones de alta temperatura, a menudo se descuida su comportamiento durante el tiempo de curado posterior al fuego. Este trabajo aborda un programa experimental que evaluó la influencia del curado post-fuego en el comportamiento mecánico residual de morteros de mampostería. Tres mezclas de mortero distintas se sometieron a pruebas de fuego estándar y se expusieron al aire ambiente a diferentes edades de curado posteriores al incendio. Después de la exposición al fuego, las pruebas mecánicas evaluaron los diagramas de tensión-deformación de los morteros dañados por el fuego. Según los resultados, un aumento en el tiempo de curado posterior al fuego redujo las propiedades mecánicas y aumentó la deformabilidad, principalmente para morteros con alto contenido de cal. Los minerales mostraron un deterioro progresivo y un comportamiento más dúctil a lo largo del curado posterior al fuego.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Cabrera (2023), *“Influencia en la resistencia a la compresión axial entre el curado tradicional y el curado con aditivo en pilas de albañilería, Cusco 2019”*, el presente estudio evaluó la influencia que presenta el tipo de curado con respecto a la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, utilizando el método hipotético-deductivo. Se construyeron 15 pilas de albañilería con ladrillos industriales ($24 \times 12 \times 9\text{cm}$), mortero de cemento-arena (1:4), con juntas de espesor 1cm. Las pilas se dividieron en tres grupos según el tipo de curado aplicado: curado tradicional con agua potable, curado con aditivo químico (Sika® Antisol® S) y sin curado. Cada grupo estuvo compuesto por cinco pilas.

A los 28 días de edad, se realizaron ensayos de compresión axial para determinar la resistencia alcanzada por cada tipo de curado. Los resultados obtenidos indicaron que:

- Las pilas curadas con agua potable alcanzaron una resistencia promedio de 65.16 kg/cm^2 , superando el mínimo exigido por la Norma Técnica E.070.
- Las pilas curadas con aditivo químico registraron una resistencia de 62.55 kg/cm^2 , valor inferior al mínimo normativo (65.00 kg/cm^2).

En conclusión, el curado tradicional con agua potable resultó ser la técnica más eficaz para garantizar la resistencia estructural mínima requerida, por lo que se recomienda su aplicación en obras de albañilería estructural.

Huamán (2019), desarrolló un estudio de investigación denominado *“Influencia de la aplicación del aditivo super chema curador en la resistencia a la compresión axial de la albañilería”*, el mismo que es de nivel descriptivo – explicativo y de diseño experimental. La población estuvo conformada por 39

especímenes de albañilería y como muestra 24 especímenes seleccionados. Se llegó a la conclusión: La aplicación del aditivo Súper Chema influye mejorando la resistencia a la compresión axial de las pilas y muretes de la albañilería con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.99 lo que indica que cuando una de ellas aumenta la otra también lo hace en proporciones constantes asimismo un aumento de 31.90% en la capacidad de carga diagonal de los muretes de albañilería.

Ramírez (2018), realizó la investigación *“Influencia del tiempo de exposición al agua en la resistencia a la compresión ($f'm$) de prismas de albañilería fabricados con ladrillos artesanales e industriales de arcilla en la ciudad de Arequipa”*, evaluó la influencia del tiempo de exposición al agua en la resistencia a la compresión de prismas de albañilería fabricados con ladrillos artesanales e industriales de arcilla. Llegando a la conclusión de que la resistencia a la compresión ($f'm$) de las pilas de albañilería construidos con ladrillos artesanales e industriales de arcilla en Arequipa disminuye a medida que aumenta el tiempo de exposición al agua.

Gutiérrez (2019), en su estudio *“Influencia de las técnicas de curado y tipos de bloque no portante sobre la resistencia a la compresión, absorción y densidad de unidades de albañilería”*, evaluó la influencia de las técnicas de curado y tipos de bloques no portantes sobre las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería. Los bloques de concreto se fabricaron con arena, confitillo, cemento para prefabricados y agua. Estos materiales se combinaron y se conformaron los bloques con ayuda de una mesa vibradora; finalmente, se curaron por tres tipos de curado: inmersión en la poza de curado, aspersión y con curador que forma una membrana. Para llevar a cabo la investigación se

elaboraron 54 bloques huecos de concreto, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: 18 bloques Tipo I, 18 bloques Tipo II y 18 bloques Tipo III. A cada uno de estos grupos se aplicó los tres tipos de curado. Los bloques fueron ensayados a compresión (7 y 28 días), absorción y densidad; según las Normas NTP 699.604 y NTP 699.613, cuya aplicación está estipulada en la Norma E-0.70 (Albañilería) del Reglamento Nacional de Edificaciones. A partir de los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se concluyó que el bloque Tipo III curado por inmersión en agua; desarrolla las mejores propiedades de resistencia a compresión, densidad y absorción de las unidades correspondientes a la albañilería.

2.1.3. Antecedentes Locales

Rimarachín (2022), realizó el estudio *“Variación de la resistencia a la compresión de prismas de albañilería con ladrillo de arcilla industrial con mortero 1:4, utilizando un curado convencional y curadores químicos: Chema membranil y Kika Curador”*, se elaboraron 12 pilas de albañilería utilizando el mismo proceso de fabricación (4 pilas curados con agua por 7 días, 4 pilas con el curador Chema Membranil y 4 pilas con el curador (Sika®Antisol®S) estas pilas fueron sometidas a compresión a los 28 días, obteniéndose que el método de curado convencional con agua obtuvo una mayor resistencia a la compresión de 75.29kg/cm², luego tenemos el método de curado utilizando Sika®Antisol®S con una resistencia característica de 58.50kg/cm² y finalmente tenemos el método de curado con Chema Membranil el cual obtuvo una menor resistencia a la compresión de 56.37kg/cm². Concluyendo que en términos de resistencia a la compresión el

método más eficiente a los 28 días viene a ser el método de curado con agua potable.

Valdivia (2021), en su investigación *“Comparación de la resistencia a la compresión ($f'm$) de pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional y mortero no tradicional (mass a dundun) - Cajamarca – 2021”*, La investigación es aplicada, experimental y teniendo en cuenta la Norma E-070 (Albañilería). Se realizó una selección de 06 unidades de ladrillo artesanal de la cantera “El Cerrillo”, realizándose los ensayos clasificatorios como son: alabeo, variación dimensional, compresión simple; así como también ensayos no clasificatorios como son: absorción y succión. Obteniéndose una variación dimensional de 10.76% (longitud), 8.58% (ancho) y 18.23% (alto); también se obtuvo un alabeo de 1.13mm (concavidad) y 1.63mm (convexidad) y resistencia a la compresión ($f'b$) de 54.21kg/cm² (unidades de albañilería), clasificándose el ladrillo como tipo I (según Norma E-070). Las pilas que fueron elaboradas con mortero tradicional P1 y así mismo curadas con agua potable durante un periodo de 28 días, dieron como resultado una resistencia a la compresión ($f'm$) de 25.14kg/cm² y las que fueron elaboradas con un mortero no tradicional (Massa DunDun) dieron como resultado una resistencia a la compresión ($f'm$) de 16.31kg/cm², estos datos varían en un 24.58%. Al analizar los respectivos resultados evidenciamos que ambos valores obtenidos están por debajo del valor mínimo que se requiere según la Norma E-070, el cual viene a ser de 35kg/cm², por consiguiente, ningún mortero cumple con este requerimiento.

2.2. Marco Normativo Peruano

El marco normativo con respecto a la construcción en el Perú comprende diversas leyes, reglamentos y normas técnicas que regulan las actividades de edificación y urbanización.

2.2.1. Normas Técnicas Peruanas

Las normas Técnicas Peruanas que vamos hacer uso vienen a ser: NTP 331.017, 399.604 y 399.613, las cuales establecen los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla destinados para uso de albañilería no estructural y estructural; así como, los procedimientos para el muestreo y los respectivos ensayos de las propiedades mecánicas y físicas, respectivamente. Así mismo la NTP 334.051. (2022), viene a establecer los procedimientos para la determinación de la resistencia a la compresión en morteros de cemento Pórtland, haciendo uso cubos de 50mm de lado.

2.2.2. Norma E-070

La Norma E-070 correspondiente a Albañilería, viene a establecer las exigencias mínimas para el análisis, los materiales, los requisitos, el diseño, la construcción, el control de calidad y la inspección de las construcciones de albañilería compuestas principalmente por muros armados y por muros confinados. Los sistemas de albañilería que estén fuera del alcance de esta norma, deberán ser aprobados mediante Resolución del Ministerio de Vivienda,

Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO (Norma E-070, 2019).

2.2.3. Norma E-030

Esta Norma determina los requisitos esenciales para el diseño Sismorresistente de las edificaciones. Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las estructuras que resulten dañadas por la acción de los sismos (Norma E-030, 2019).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Mortero

La definición de la Norma E-070 nos indica que el mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610 (Norma E-070, 2019).

Se puede usar para asentar ladrillos, para lo cual se usará arena gruesa; o para tarrajear las paredes y cielos rasos, en cuyo caso se usará arena fina (Aceros Arequipa, 2022).

Este material es elaborado a partir del mezclado de agua, un aglomerante (principalmente cemento) y un agregado fino arena Gruesa, todos estos

elementos se unen en determinadas proporciones, buscando la obtención de una buena trabajabilidad evitando la segregación de material en estado fresco y alta capacidad de adherencia y resistencia en estado endurecido, por ello, para todo mortero fabricado en el territorio peruano es exigido el cumplimiento de los requerimientos expresados en la Norma E-070, NTP 399.610 y NTP 399.607 (MVCS,2020).

El mortero tiene como función principal permitir la adherencia entre las unidades de albañilería, nivelando las irregularidades de altura que presentan, así como recubriendo las juntas para protegerlas de la penetración de aire y humedad. Cuando el muro de albañilería es portante de carga vertical, el mortero cumple además una función resistente, por lo que es favorable que las resistencias a compresión de las unidades y del mortero sean similares (Álvarez et al. 2023).

2.3.1.1. Componentes del mortero

- a) Entre los materiales aglomerantes que se utilizan en el mortero se encuentran:
- Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009
 - Cemento Adicionado NTP 334.830
 - Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.
- b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la **Tabla 1**. Se aceptarán otras

granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencia según lo especificado en los planos.

Tabla 1

Granulometría de la arena gruesa

GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
mallas ASTM	% Que Pasa
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10. a 35
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Nota: Norma E-070, 2019.

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1, 6 y 2, 5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
- No deberá emplearse arena de mar.

c) El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica (Norma E-070, 2019).

2.3.1.2. Clasificación para fines estructurales

Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; NP, utilizado en los muros no portantes (**Tabla 2**).

Tabla 2

Tipos de mortero

TIPOS DE MORTERO				
Tipo	Cemento	Cal	Arena	Usos
P1	1	0 al $\frac{1}{4}$	3 a $3\frac{1}{2}$	Muros Portantes
P2	1	0 al $\frac{1}{2}$	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no portantes

Nota: Norma E-070, 2019.

- Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y asegure la durabilidad de la albañilería (Norma E-070, 2019).

2.3.1.3. Propiedades del mortero

a) Fluidéz

La capacidad que tiene una mezcla para poder fluir (discurrir), o de ser trabajable; un mortero demasiado rígido es difícil de aplicar y puede generar huecos o uniones débiles, y un mortero demasiado líquido puede perder cohesión y segregarse (arena y agua se separan).

b) Retentividad

Capacidad de una mezcla para mantener su consistencia (Trabajabilidad), y su cantidad de agua durante el proceso de asentado en la superficie de la

mampostería, resistiendo la pérdida de agua por evaporación o succión del material.

2.3.2. Albañilería

Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por “unidades de albañilería” apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido (Norma E-070, 2019).

La mampostería o albañilería también se define como un conjunto de unidades adheridas entre sí con algún tipo de material como es el mortero de barro o de cemento. Estas unidades podrían ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, ladrillos y bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda (San Bartolomé et al., 2019).

Las unidades de albañilería asentadas con mortero, todas las juntas ya sea horizontales o verticales quedarán llenas de mortero. El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será 15 mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4 mm, lo que sea mayor (Norma E-070, 2019).

2.3.2.1. Unidad de Albañilería

A. Definición

Viene a ser componente básico para la construcción de la albañilería o mampostería. Elaborada de materias primas como: el concreto de cemento portland, la arcilla y la mezcla cal y de sílice son las más comunes. Las unidades

de albañilería se denominan ladrillos o bloques. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones particularmente el ancho y peso que los hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado, en el ladrillo tradicional su peso no supera los 4 kg. Los bloques están hechos para manipularse con las dos manos, lo que ha determinado que en su elaboración se haya tomado en cuenta que puedan pesar aproximadamente 15 kg. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Se denomina ladrillo según la Norma E-070, a las unidades cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo. Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días (Norma E-070, 2019).

Figura 1



Medición de especímenes

B. Clasificación

a. Según sus fines estructurales

De acuerdo a la Norma NTP 331.017, los las unidades de albañilería se clasifican en 5 tipos:

- TIPO I. Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 ó 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.
- TIPO II. En esta categoría clasifican los ladrillos de baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).
- TIPO III. Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.
- TIPO IV. Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.
- TIPO V. Tienen una resistencia y durabilidad muy elevada; son aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al TIPO IV.

En la **Tabla 3**, tenemos la clase de unidades de albañilería para fines estructurales.

Tabla 3

Clase de unidades de albañilería para fines estructurales

Tabla CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN f_b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 100 mm	Hasta 100 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9(50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9(70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3(95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7(130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6(180)

Donde:

f_b =Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería

MPa= Mega pascal

Fuente: Norma E-070

b. Según sus huecos (alvéolos)

Se clasifican de la siguiente manera (San Bartolomé et al., 2019).

• Alveolar

Unidad de albañilería sólida o hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar al refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de muros armados (Norma E-070, 2019).

Figura 2

Unidad de albañilería alveolar



Fuente: Ladrillos Sipán

- **Hueca**

Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano (Norma E-070, 2019).

Figura 3

Unidad de albañilería hueca



Fuente: Cerámica Ctibor

- **Sólidas o macizas**

Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% de área bruta en el mismo plano (Norma E-070, 2019).

Figura 4

Unidad de albañilería sólida o maciza



Fuente: Leo - Barros y Artesanías

- **Tubulares o pandereta**

Unidad de albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento
(Norma E-070, 2019).

Figura 5

Unidad de albañilería tubular o pandereta



Fuente: Ladrillos Sipán

c. Por sus dimensiones

La unidad de albañilería se clasifica en ladrillos y bloques (San Bartolomé et al., 2019).

- **Ladrillos.-** Aquellos que son manipulados y asentados utilizando una sola mano.
- **Bloques.-** Aquellos que por su peso y mayores dimensiones se deben utilizar ambas manos.

d. Por su materia prima

Se clasifican en arcilla, sílice-cal, y de concreto (San Bartolomé et al., 2019).

- **Unidades de albañilería de arcilla o cerámicas**

El componente básico de la materia prima es la arcilla, otros componentes que tienen es el limo y la arena.

- **Unidades de albañilería sílice-cal ó sílico calcárea**

Consiste en la mezcla de un 10% de cal hidratada normalizada con un 90% de arena (la cual contiene un 75% de sílice).

- **Unidades de albañilería de concreto**

Son fabricadas con mezclas de cemento portland, piedra pequeña, arena y agua; los cuales son dosificados y moldeados de manera adecuada.

e. Por su fabricación

Estas unidades pueden ser artesanales o industriales. Las unidades de arcilla y de concreto admiten ambas modalidades, mientras que las unidades sílico-calcáreas son únicamente de fabricación industrial. En algunos casos, la fabricación incluye aspectos de ambas modalidades y se denomina entonces semi-industriales (San Bartolomé et al., 2019).

f. Límites de su aplicación

La aplicación de las unidades de albañilería deberá ajustarse a lo establecido en la **Tabla 4**. Las zonas sísmicas se encuentran definidas en la Norma E-30, 2020.

Tabla 4*Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales*

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		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	SI, HASTA 2 PISOS	SI
SÓLIDO INDUSTRIAL	SI	SI	SI
ALVEOLAR	SI, CELDAS TOTALMENTE LLENAS DE GROUT	SI, CELDAS PARCIALMENTE LLENAS DE GROUT	SI, CELDAS PARCIALMENTE LLENAS DE GROUT
HUECA	NO	NO	SI
TUBULAR	NO	NO	SI, HASTA 2 PISOS

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

Fuente: Norma E-070, 2019.

C. Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería

a. Variabilidad dimensional

Aunque se trata de una propiedad física, influye en el comportamiento resistente del muro. A mayor variación dimensional, se requiere un mayor espesor de la junta; y a medida que aumenta el espesor de la junta, disminuyen tanto la resistencia a compresión como la resistencia a cortante del muro de albañilería.

Las dimensiones de la unidad se expresan como: largo × ancho × altura, en centímetros. El largo y el ancho corresponden a la superficie del asiento, y las dimensiones nominales (comerciales) generalmente incluyen 1 cm de junta. La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con

mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión (Norma E-070, 2019).

La prueba de variación dimensional es fundamental efectuarla para establecer el espesor de las juntas de albañilería, y que por cada crecimiento de 3mm en el espesor de las juntas horizontales la resistencia a compresión de la albañilería reduce en un 15%; asimismo reduce la resistencia a corte (San Bartolomé et al., 2019).

La calidad del ladrillo influye directamente en el espesor de las juntas y en la resistencia del muro, tanto a la compresión como al corte.

La determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería se realizará de acuerdo con el procedimiento establecido en las Normas NTP 399.613 y NTP 399.604 (Norma E-070, 2019).

b. Alabeo

Según NTP 399.613, se debe realizar el procedimiento de esta manera:

- **Aparatos**

1. Varilla de acero con un borde recto
2. Cuña de medición o regla.

Cuña de medición o regla con graduación de acero y divisiones desde un extremo, de 1mm, o alternativamente una cuña de medición de 60mm de longitud por 12.5mm de ancho y 12.5mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo.

Así también la cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1mm.

3. Superficie plana de vidrio o acero

Mayor a 300x300mm y plana

- **Especímenes**

Se ensayarán exactamente como se los recibe, se eliminará con brocha el polvo que se encuentra en las superficies.

- **Preparación de los especímenes**

Se ensayarán exactamente se los recibe, se eliminará con brocha el polvo que se encuentra en las superficies.

Procedimiento

- **Superficies cóncavas**

En los casos en que la distorsión a ser medida corresponda a una superficie cóncava, se colocará la varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que da la mayor desviación de la línea recta. Escoger la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o cuña medir esta distancia con una aproximación de 1mm y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie.

- **Superficies convexas**

Cuando la distorsión a ser medida es la de una superficie convexa, colocar el espécimen con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la regla de acero o cuña, medir la distancia

con una aproximación de 1mm de cada una de las cuatro esquinas desde la superficie plana. Registrar el promedio de las cuatro medidas como la distorsión convexa del espécimen (INACAL, 2019).

Tabla 5

Clase de ladrillo de acuerdo al alabeo

CLASE	ALABEO (máximo en mm)
Ladrillo I	10
Ladrillo II	8
Ladrillo III	6
Ladrillo IV	4
Ladrillo V	2

Fuente: Norma E-070, 2019.

c. Absorción

La absorción de las unidades de arcilla y sílico-calcáreas no deberá superar el 22% (Norma E-070, 2019).

Se denomina absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca (Gallegos & Casabonne, 2005).

Los ensayos de absorción se realizarán conforme a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613.

d. Succión

La succión al instante de asentar las unidades de albañilería esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm²-min. La cual consiste en la medición de un volumen (V1, en cm³) inicial de agua sobre un recipiente de área definida y

vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre tres puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua; la succión normalizada a un área de 200 cm², se obtiene como: $\text{succión} = 200 \cdot (V_1 - V_2) / A$, expresada en gr/200 cm²-min. dónde: A: es el área bruta (cm²) de la superficie de asiento de la unidad (Norma E-070, 2019).

Los ensayos de succión se realizarán conforme a lo indicado en la Norma NTP 399.613.

e. Resistencia a la compresión de unidades de albañilería

La resistencia a la compresión, tal como se determina mediante el ensayo estándar, depende no solo de la resistencia intrínseca del material, sino también de la altura y la geometría del testigo. Por esta razón, los valores obtenidos proporcionan únicamente una indicación general del comportamiento estructural de las unidades cuando forman parte de la albañilería, ya sea asentadas con mortero o rellenas con concreto líquido. De igual manera, la durabilidad de las unidades debe evaluarse considerando, además del resultado del ensayo de compresión, la absorción máxima de agua y el coeficiente de saturación. El cálculo de la resistencia a la compresión se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta; además, remarcan que la resistencia a compresión (f'_b) expresa sólo la calidad de la unidad, ensayada bajo las mismas condiciones, es decir a mayor resistencia se obtendrá mayor densidad y mejor durabilidad de la unidad (San Bartolomé et. al., 2019).

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se realizarán los ensayos de laboratorio correspondientes, conforme a los establecido en las Normas NTP 399.613 y 339.604. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f'_b) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra (Norma E-070, 2019).

2.3.3. Curado

A. Definición

El curado de estructuras de mampostería, construidas con mortero de arena de cemento, influye en el rendimiento general de un sistema estructural. El curado es una actividad en el campo de la construcción, que impulsa el proceso de hidratación del cemento basado en un entorno de control. La resistencia del mortero es directamente proporcional al tipo de curado, el método de aplicación del curado externo, la calidad del agua de curado interno y la relación agua-cemento. Para una correcta hidratación del cemento, la humedad relativa en los capilares no debe caer por debajo del 80%; por tanto el curado es uno de los elementos más importantes con respecto a la fuerza (Gul et al. 2021).

El curado, un proceso químico, ocurre tras la colocación de unidades de mampostería y el mortero. A diferencia del secado, que implica la evaporación del agua, el curado implica la hidratación controlada de los materiales, lo que forma uniones sólidas entre las unidades de mampostería y el mortero, cruciales para la integridad de los muros (TESSELLE, 2024)

Un mortero con buen comportamiento debe tener una retentividad mayor al 70%, el no curar la albañilería puede disminuir la resistencia a la compresión y a la absorción del mortero de pega, por pérdida prematura de agua de amasado, así como también presenta un aumento negativo de la retracción, pudiendo separar el ladrillo del mortero de pega. El curado en la albañilería se hace de la misma manera que en el concreto. (ICH, 2019).

B. Métodos de curado

En la actualidad existen varios métodos de curado; desde cubrirlo con pliegos de plástico o arpillera mojada, inmersión de agua, aplicando una membrana de curado o un compuesto de curado y sellado (The Euclid Chemical Company, 2017).

Tradicionalmente, tanto en la albañilería como en el concreto, la mejor manera de realizar el curado es mantener la estructura húmeda mediante la aplicación continua y frecuente de agua, sin embargo, no siempre es aplicable y con frecuencia es realizado de forma parcial e incompleta. Esta fase del proceso de construcción es una de las más descuidadas, ya que su importancia no es fácilmente perceptible a corto plazo (Manobanda, 2013).

Existen dos sistemas para conservar la humedad y buena temperatura del hormigón, el primero de ellos sería mediante el curado con agua, que consiste en la aplicación continua del agua, ya sea por anegamiento, aspersión, cubiertas de materiales saturados, como lo son las mantas de yute o algodón, alfombras, aserrín, entre otros. Mientras que el otro sistema sería con materiales selladores el cual consiste en evitar la pérdida excesiva de agua en la superficie del

hormigón, con la ayuda de materiales como son las hojas plásticas, los papeles impermeables o mediante la aplicación de compuestos de curado formadores de membranas (Zambrano et al., 2021).

a. Curado con agua

El agua desempeña un papel vital en el curado de muros de mampostería, catalizando las reacciones de hidratación de los materiales cementantes presentes en el mortero durante el curado, el agua penetra en los poros de la mampostería y del mortero, iniciando las reacciones químicas necesarias para la formación de la adherencia (TESSELLE, 2024).

El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el concreto es sumamente permeable. Se debe tomar en cuenta, consecuentemente, no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el hormigón para evitar la aparición de fisuras (Carrasco, 2013).

Para este método de curado existen varios procedimientos:

- **Por inundación o inmersión:** Ofrece resultados óptimos, pero presenta inconvenientes prácticos, ya que requiere inundar o sumergir completamente el elemento de concreto.
- **Mediante el empleo de rociadores aspersores:** Con este método se consiguen buenos resultados y es fácil de ejecutar. Tiene el

inconveniente de que la intermitencia o la aplicación ocasional, pueden conducir a un curado deficiente. El agua para curado del concreto debe estar libre de contaminante y materiales deletéreos. En general se puede usar agua potable y en general agua que cumpla la norma de agua de amasado para concreto (ASTM C-59). El agua de curado no debe estar a una temperatura tal que cree al aplicarla un choque térmico al concreto, pues puede fisurarlo. Se recomienda que el agua no esté a una temperatura inferior en 11°C a la temperatura de la masa del concreto.

- **Empleo de tejidos de fique o de otros materiales absorbentes:**
Estos tejidos mantienen la humedad en superficies tanto verticales como horizontales, pero deben ser humedecidos periódicamente, con el riesgo de que si no se mantiene el nivel de humedad el curado es deficiente. Además, presentan el problema de absorber eventualmente, el agua útil del concreto. Deben traslaparse adecuadamente y con holgura y se debe colocar sobre sus extremos arena o bolsas con tierra u otro material pesado que impida que el viento los desarregle y descobije porciones del elemento de concreto.
- **Curado con arena, tierra o aserrín:** Curado mediante el cubrimiento del concreto con alguno de los citados materiales; los dos primeros son muy útiles cuando se presentan vientos fuertes. Tienen, además de los inconvenientes de los tejidos de fique, el problema de que pueden manchar el concreto o deteriorarlo como sucede con el

aserrín proveniente de maderas con alto contenido de ácido tánico (Cementos Yura, 2019).

b. Mediante sellantes

Esta categoría incluye las láminas y los compuestos curadores líquidos que forman membrana.

- **Película de plástico:** Son livianas y se extienden fácilmente en superficies horizontales; en elementos verticales es más complicada su utilización. La película de plástico debe tener un espesor mínimo de 0.1mm. Se usan generalmente plásticos blancos, transparentes y negros. Los primeros reflejan los rayos del sol mientras protegen, son útiles, como los transparentes, en clima cálido. El plástico negro absorbe calor de los rayos del sol y calienta la pieza estructural, por tal razón es útil para generar un curado adecuado del concreto a bajas temperaturas o acelerar “gratis” resistencias aprovechando la radiación solar. Cuando se precisa un excelente acabado del concreto, como en el caso del concreto arquitectónico “cara vista”, el empleo de películas plásticas para el curado puede dar como resultado la aparición de manchas en el concreto debidas a la distribución no homogénea del agua y al movimiento de sustancias solubles en la superficie (Cementos Yura, 2019).
- **Papel impermeable:** Su uso es similar al de las películas de plástico. Cuando se usa papel para cubrir placas debe proveerse cierta holgura

para que sobresalga de las mismas; además; se hace necesario colocar en los bordes materiales pesados (arena, tablas, etc.) para evitar que el viento lo desplace (Cementos Yura, 2019).

- **Curado con aditivo Sika:** Sika®Antisol®S es un agente de curado líquido aplicado con aerosol y listo para usar para prevenir la pérdida de agua de la superficie del concreto recién colocado. Forman un sello microcristalino en los poros del concreto que reduce la tasa de evaporación de la humedad de la mezcla de concreto. La adhesión de los tratamientos posteriores a la superficie del hormigón no se ve afectada.

- **Características/Ventajas**

- Generalmente mejora la apariencia de la superficie.
- Reduce el agrietamiento.
- Ayuda a alcanzar las fortalezas requeridas.
- Reduce el encogimiento.
- Controla la hidratación del cemento.
- Reduce la formación de polvo.
- Permeabilidad del hormigón reducida.
- Alivia otros costosos métodos de curado.
- La adhesión de los tratamientos posteriores a la superficie del hormigón no se ve afectada (Sika, 2025)

C. Razones para usar un curador en muros de albañilería

Las principales razones para usar un curador en un muro de albañilería son evitar el secado prematuro, controlar la aparición de grietas, mejorar la resistencia y durabilidad de la mezcla, y garantizar el desarrollo óptimo de las propiedades mecánicas al mantener un ambiente húmedo esencial para la hidratación del cemento.

Entre las principales razones tenemos:

- **Control de agrietamiento:** El curador forma una membrana sobre la superficie evitando la evaporación rápida del agua de la mezcla, previniendo así la fisuración y el agrietamiento prematuro del muro.
- **Mejora de resistencias mecánicas:** Al mantener la humedad necesaria, el curador permite que el cemento se hidrate adecuadamente, lo que resulta en un desarrollo completo de las resistencias a la compresión y flexión.
- **Aumento de la durabilidad:** La correcta hidratación y el control de grietas contribuyen a una mayor durabilidad del muro, reduciendo la porosidad y la penetración de agentes agresivos que podrían debilitar la estructura a largo plazo.
- **Evita el secado prematuro:** El curador evita que la mezcla se seque demasiado rápido, especialmente en climas extremos, al retener la humedad de manera efectiva.
- **Optimización del proceso de curado:** Garantiza las condiciones óptimas de humedad y temperatura necesarias para que el concreto desarrolle todo su potencial, prolongando la vida útil de la estructura.

En resumen, el uso de un curador garantiza que la obra alcance su máxima resistencia y durabilidad de diseño, cumpliendo con las especificaciones técnicas y garantizando la calidad de la estructura.

Un buen y oportuno curado aumenta la resistencia a la abrasión de pisos de concreto, vías y obras hidráulicas, reduce la posibilidad de aparición de grietas por contracción plástica, y, aunque no la puede evitar, retarda la contracción de secado haciendo que se desarrolle a una edad de la estructura tal que la resistencia mecánica, especialmente a tensión, haya alcanzado un nivel suficientemente alto para que pueda contribuir, en unión con la armadura, a controlar el agrietamiento (Cementos Yura, 2019).

2.3.4. Prismas o pilas de albañilería

Los prismas o pilas serán construidas en obra, haciendo uso del mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de mano de obra que se empleará en la definitiva construcción. Así mismo se indica que los prismas tendrán un refrentado de yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería (Norma E-070, 2019).

Se construirán con las unidades asentadas en forma de pila (una sobre otra). En el momento de la construcción del prisma, las superficies de las unidades deberán estar libres de humedad (NTP 399.605, 2018).

Las pilas fallan principalmente por tracción ortogonal a la compresión aplicada (grieta vertical); esto se debe a que el mortero trata de expandirse lateralmente en mayor proporción que la unidad y puesto que debe existir

compatibilidad de deformación entre ambos elementos, el mortero trabajará a compresión y la unidad a tracción lateral (San Bartolomé et al., 2019).

2.3.5. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería

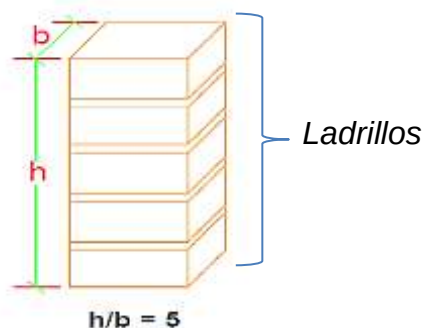
La determinación de la resistencia a la compresión de las pilas de albañilería, se realizará conforme a la Normas NTP 399.605.

La resistencia a la compresión de cada prisma de albañilería se obtiene dividiendo la carga de cada prisma de la compresión máxima soportada entre el área neta de sección transversal de ese prisma, y expresar el resultado con una precisión de 10 psi (69 kPa) (NTP 399.605, 2018).

La resistencia característica en pilas de albañilería (f'_m), se va a obtener como el valor promedio de la muestra que se ensayó menos una vez la desviación estándar (Norma E-070, 2019). En la **Figura 6**, nos muestra un prisma estándar para el ensayo a compresión.

Figura 6

Pila estándar para el ensayo a compresión.



Pila de albañilería

La resistencia a la compresión de la albañilería ($f'm$) se comprobará mediante ensayos de laboratorio previos y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes (Norma E-070, 2019).

La resistencia a la compresión axial ($f'm$) se determinará de manera empírica (recurriendo a registros históricos de resistencia de las unidades o a tablas), o mediante ensayos de pilas, según la importancia de la edificación y la zona sísmica donde pertenece, como se detalla en la **Tabla 6** (Norma E-070, 2019).

Tabla 6

Métodos para determinar $f'm$

MÉTODOS PARA DETERMINAR $f'm$									
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MÁS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
($f'm$)	A	A	A	B	B	A	B	B	B

Fuente: Norma E-070

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

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621.

Las pilas serán almacenadas a una temperatura mayor a 10°C por un periodo de 28 días. Las pilas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero mayor a 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la **Tabla 7** (Norma E-070, 2019).

Tabla 7

Factor de corrección por edad

INCREMENTO DE f'_m POR EDAD (Mpa)			
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

Fuente: Norma E-070

2.4. Definición de términos básicos

- **Absorción:** Proceso por el cual un líquido se introduce en los poros permeables de un cuerpo sólido poroso y tiende a llenarlos. También se define como el aumento de la masa de un cuerpo sólido poroso resultante de la penetración de un líquido en sus poros permeables (NTP 339.047, 2019).
- **Agua de mezcla:** El agua utilizada para hidratar el cemento y generar la reacción química que produce el endurecimiento del concreto (NTP 339.088, 2024)
- **Agregado:** Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados. Se les llama también áridos (NTP 400.011, 2020).
- **Albañilería o mampostería:** Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por “unidades de albañilería” apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido (Norma E-070, 2019).
- **Compuesto de curado:** Un líquido que, cuando se aplica a la superficie del concreto recién colocado, forma una membrana que impide la

evaporación del agua y, en el caso de compuestos pigmentantes blancos, refleja el calor (NTP 339.047, 2019).

- **Curado:** Medidas adoptadas para mantener las condiciones de humedad y temperatura en una mezcla de cementosa recién colocada para permitir la hidratación del cemento hidráulico y (si es necesario) las reacciones puzolánicas, de modo que se puedan desarrollar las propiedades potenciales de la mezcla (NTP 339.047, 2019).
- **Curado del concreto:** Es el proceso de mantener el concreto húmedo y a una temperatura adecuada después del vaciado, para permitir que el cemento se hidrate correctamente y el concreto alcance las propiedades deseadas (ACI 308R, 2019).
- **Fraguado:** Condición alcanzada por una pasta, mortero u hormigón (concreto) de cemento cuando ha perdido plasticidad a un grado convencional, generalmente medido en términos de resistencia a la penetración; fraguado inicial se refiere a la primera rigidez; fraguado final se refiere a la adquisición de una rigidez significativa (NTP 339.047, 2023).
- **Mortero:** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería (Norma E-070, 2019).
- **Resistencia a la compresión:** La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga máxima registrada durante el ensayo de compresión uniaxial entre el área de su sección transversal (NTP 339.034, 2021).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y

VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

- La resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial y artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curar, varía en un 10% en comparación a las sometidas a diferentes tipos de curado.

3.1.2. Hipótesis específicas

- La resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curar, varía en un 10% en comparación con las sometidas a diferentes tipos de curado.
- La resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curar, varía en un 10% en comparación con las sometidas a diferentes tipos de curado.

3.2. Variables de Estudio

3.2.1. Variable Independiente

- Tipo de ladrillo
- Tipos de curado

3.2.2. Variable Dependiente

- Resistencia a la compresión de las pilas de ladrillo de arcilla.

3.3. Operacionalización/Categorización de los componentes de la hipótesis

Tabla 8

Tabla de operacionalización y categorización de los componentes de las hipótesis

Hipótesis	Definición Conceptual	Definición Operacional			
		Variables	Dimensiones	Indicadores	Fuentes de recolección de datos
- La resistencia a compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial o artesanal de arcilla curadas varía en un 10% respecto a las no curadas.	El curado: Es crucial para el endurecimiento y la resistencia del muro. Consiste en mantener el material de construcción en condiciones adecuadas de humedad y temperatura para permitir que el cemento se hidrate correctamente, formando compuestos sólidos que dan al muro la resistencia y estabilidad necesarias, y evitando la formación de fisuras.	Independiente: Tipos de curado.	Tipos de curado con diferentes métodos.	Sin curado (pilas patrón) Rociar con agua 1 vez al día por 28 días Rociar con agua 3 veces al día por 28 días Inmerso en agua por 28 días Colocación de aditivo plastificante 1 vez al día por 28 días.	Pilas de albañilería.
	Resistencia a la compresión de las pilas de albañilería: Ensayo de resistencia a la compresión que se realiza colocando una muestra de pilas de albañilería conformada por 5 unidades en una prensa al que se le aplica una fuerza hasta la rotura.	Dependiente: Resistencia a la compresión de la pila de albañilería.	Mpa ó Kg/cm ²	Variación de la resistencia a compresión de las pilas de albañilería.	Pruebas a compresión de pilas de albañilería.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica

4.1.1. Ubicación geográfica de estudio

El presente estudio de investigación se realizó en el laboratorio de ensayo de materiales “Carlos Esparza Diaz”, edificio 1C de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca; ubicada en la Av. Atahualpa N°1050 de la ciudad de Cajamarca.

- **Coordenadas geográficas (grados, minutos, segundos)**

Latitud: - 7° 10' 3.01" S

Longitud: - 78° 29' 42.5" W

- **Coordenadas geográficas (grados decimales)**

Latitud: - 7.167503 S

Longitud: - 78.495139 W

- **Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator)**

DATUM: WGS-84

X: 776651

Y: 9206979

Cota: 2682 m.s.n.m

Uso: 17

- **Hemisferio: Sur**

Figura 7

Fotografía satelital de la ubicación del laboratorio de ensayo de materiales en la UNC, donde se realizó el estudio



4.1.2. Ubicación de la ladrillera

El ladrillo que se utilizó es proveniente de la ladrillera del Centro Poblado “El Cerrillo”, ladrillera que pertenece al señor Romero Terrones. Ubicado en el distrito de Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca.

- Coordenadas geográficas en grados, minutos, segundos.

Latitud: 7°7'38.60"S

Longitud: 78°29'18.40"O

- Coordenadas geográficas en grados decimales

Latitud: -7.127389°S

Longitud: -78.488444°W

- Coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) DATUM: WGS-84

Este: 777414.68 m

Norte: 9211413.92m

Cota: 2734.00 m.s.n.m

Uso: 17

- Hemisferio: Sur

Figura 8

Fotografía satelital de la ladrillera Romero Terrones en Cajamarca



4.1.3. Ubicación de la cantera de agregados

La arena gruesa que se utilizó en el mortero, fue material de cerro que fue extraída de la cantera “El Gavilán”, se encuentra ubicada al sureste de la ciudad de Cajamarca, a una altura de 3250 m.s.n.m., cerca del cerro Ventanilla y en las faldas del Abra “el Gavilán”, al margen derecho de la carretera que va a Pacasmayo.

Figura 9

Fotografía satelital de la ubicación de la cantera “El Gavilán” en Cajamarca



4.2. Diseño de la Investigación

4.2.1. Diseño

El presente trabajo de investigación es de **diseño experimental**, estudia el efecto de una sola variable independiente o factor (unifactorial) sobre una

variable dependiente; en esta investigación estudia el efecto del curado en la resistencia a la compresión de las pilas de albañilería.

4.2.2. Tipo

Esta investigación es de **tipo aplicada**, se enfoca en resolver problemas prácticos y generar soluciones concretas a situaciones específicas. Se centró en ver la resistencia a la compresión de las pilas de ladrillo al ser curadas.

4.2.3. Nivel

Esta investigación es de **nivel descriptiva**, busca describir de manera detallada y precisa características, comportamientos o fenómenos de un grupo de estudio. No se busca explicar las causas, sino detallar cómo es, qué aspectos lo componen, etc.; tiene un enfoque **cuantitativo**, puesto que cuantifica fenómenos mediante datos numéricos para describir características de un grupo de estudio.

4.3. Ensayos de la Investigación

4.3.1. Ensayo granulométrico de la arena gruesa

El ensayo se realizó el 13 de mayo del 2024, en el que se seleccionó usando el método del cuarteo.

La arena gruesa utilizada en el presente estudio proviene de la cantera “El Gavilán”, la cual suministra un material de origen de cerro, caracterizado por su frecuente uso en diversas obras de construcción dentro de la región de Cajamarca.

Se realizó el análisis granulométrico del agregado grueso conforme a los procedimientos que se establecen en la Norma NTP 400.037: “Agregados. Determinación del análisis granulométrico”, con el propósito de determinar la distribución de tamaños de las partículas que componen la muestra.

4.3.2. Ensayos del ladrillo

A. Ensayos clasificatorios del ladrillo

Según lo que indica la NTP 399.613, se apartaron las unidades de albañilería enteras representativas para verificar su textura, tamaño, color uniforme y también verificar que no presenten limos u otros materiales.

La Norma E-070, nos indica que: “el muestreo será efectuado por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades, se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades de albañilería”, en este caso será aplicado a la selección de ladrillo artesanal y ladrillo industrial de arcilla. En la que posteriormente seleccionaremos 100 unidades, las cuales serán identificadas para facilitarnos el trabajo de investigación. Entre las propiedades para clasificar al ladrillo tenemos: Variación dimensional, alabeo, y compresión simple.

A.1. Variación dimensional

Se realizó entre el 15 al 17 de mayo del 2024, se utilizó 10 unidades de ladrillo artesanal y 10 unidades de ladrillo industrial de arcilla; realizándose como sigue:

Se secó las unidades de ladrillo en un horno ventilado entre 110 °C a 115 °C, por un lapso de tiempo determinado.

Luego se procedió a enfriar por un lapso de tiempo de 7 horas, para posteriormente limpiarlas y pesarlas.

La medición ha sido realizada con un vernier digital, anotando las medidas correspondientes de largo, ancho y alto. Se realizaron 4 medidas por cada dimensión y luego se procedió a sacar el promedio para obtener resultados concluyentes representativos.

Los valores se expresan en porcentaje, se hizo uso de la fórmula y con una aproximación de 0.5 mm.

$$V = \frac{ME - MP}{ME} \times 100 \quad (1.1)$$

Donde:

V : Es la Variación dimensional en porcentaje (%)

ME : Medida que el fabricante especificó a la hora de su venta (mm)

MP : Medida promedio (mm)

A.2. Alabeo

Los ensayos fueron realizados el 16 de mayo del 2024, para este ensayo se utilizó 10 ladrillos artesanales de la ladrillera del Centro Poblado “ El Cerrillo” y 10 ladrillos industriales de arcilla King Kong 18H Sipán.

Para realizar este ensayo se hizo uso de la NTP 399.613, en la que indica que se necesita una varilla con borde recto de acero, regla o cuña de acero graduada al 1mm y una superficie plana de acero o vidrio de 300 mm * 300 mm.

Luego se procedió a registrar los valores encontrados, verificando de esta manera si el lado era cóncavo o convexo, colocándose de manera diagonal la regla sobre el centro de ambas caras paralelas al de asiento o también ubicada de vértice a vértice con una escuadra graduada midiéndose el alabeo con una regla milimétrica de graduación a 1mm.

A.3. Compresión simple

Se realizó el 3 de junio del 2024, para este ensayo se utilizaron 10 unidades de ladrillo artesanal y 10 unidades de ladrillo industrial de arcilla, realizándose de la siguiente manera:

- Se registró el peso de cada una de las unidades de ladrillo artesanal y de ladrillo industrial de arcilla, así mismo se tomó las medidas del largo, ancho y alto.
- Pasamos a ensayarlas en la máquina universal que se utiliza en los ensayos a compresión uniaxial.
- Determinamos la resistencia a la compresión (f_b), realizando una división entre la carga de rotura entre el área bruta; así como también la resistencia a compresión característica (f'_b), restando una desviación estándar al promedio de los resultados, según lo que nos indica la Norma E-070.

$$fb = \frac{\text{Carga Máxima}}{\text{Área Bruta}} \quad (1.2)$$

$$f'b = fb - \sigma \quad (1.3)$$

Donde:

fb : Resistencia a la compresión promedio

$f'b$: Resistencia a la compresión característica

σ : Desviación estándar

B. Ensayos no clasificatorios de ladrillo

Entre los ensayos no clasificatorios tenemos:

- Succión
- Absorción

B.1. Ensayos de succión

Estos ensayos fueron realizados el 21, 22 y 23 de mayo del 2024, para dicho ensayo contamos con 10 unidades de ladrillo industrial y 10 unidades de ladrillo artesanal de arcilla; y fueron realizados como sigue:

- Las 20 unidades de ladrillo fueron llevadas a un horno a una temperatura de 110 °C por 24 horas, procediendo luego a pesar cada una de las unidades y realizar su registro.
- Posteriormente en una bandeja de metal se realizó el llenado con agua potable y sobre esta se colocó dos barras de acero de ½", los cuales sirvieron de apoyo para los ladrillos.

El procedimiento a seguir consistió en pesar los ladrillos secos y colocarlos sobre las barras durante 1 minuto de tiempo y luego llenar la bandeja cada vez que esta disminuya, para de esta manera mantener el volumen de agua original. Posteriormente se procedió a pesar la unidad de ladrillo húmeda. El valor de la succión se expresa en gramos por minuto en un área normalizada de 200 cm², según lo mencionado en la Norma E-0.70, usando la siguiente fórmula.

$$S = \frac{200*(P_{suc}-P_{sec})}{\text{Área Bruta}} \quad (1.4)$$

Donde:

S : Succión

P_{suc} : Peso (gr) de la unidad luego de ser sumergido en agua durante 1 min.

P_{sec} : peso seco (gr) de la unidad luego de permanecer en el horno

Área Bruta : A*L (Ancho x Largo) (cm²)

B.2. Ensayos de Absorción

Fueron realizados el 29 y 30 de mayo del 2024, se utilizaron 10 unidades de ladrillo artesanal y 10 unidades de ladrillo industrial de arcilla.

Primeramente, todas las unidades se secaron al horno, con una temperatura de 110°C y por un periodo de 24 horas. Posteriormente las unidades de albañilería ya sacadas del horno y enfriadas, se las pesó y se procedió a colocarlas a un depósito lleno de agua hasta cubrir completamente

por un tiempo de 24 horas. Transcurrido el tiempo se las sacó y se registró el peso de cada una de ellas de acuerdo a lo indicado en la NTP 399.613, los valores que se obtuvieron fueron expresados en porcentaje utilizando la siguiente fórmula.

$$A = \frac{Ps - P_{seco}}{P_{seco}} * 100 \quad (1.5)$$

Donde:

A : Absorción (%)

Ps : P Saturado (gr)

Pseco: Peso seco (gr)

4.3.3. Pilas de albañilería

Estos ensayos fueron elaborados de la siguiente manera:

- Se realizó del 13 al 17 de mayo del 2024, se elaboraron 50 pilas; con un espesor de mortero de 10 mm (1cm); Puesto que los ladrillos de arcilla presentan alta succión, fueron regados con agua tiempo antes de proceder a elaborar las pilas de ladrillo.

A. Resistencia a compresión de prismas de albañilería (pilas)

Fue realizado de acuerdo a la norma ASTM C1314.

Los ladrillos fueron asentados utilizando un mortero, de dosificación cemento/arena (1:4) y espesor de junta de 1cm; las mismas que fueron sometidas a diferentes tipos de curado como son regadas con agua, Sika® Antisol® S y sumergidas completamente en agua.

Los resultados a compresión de prismas (pilas) de albañilería, se obtuvieron al ser sometidas a la Máquina Universal del laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca a los 28 días, dividiendo la carga máxima que soportó cada prisma, entre el área bruta de sección transversal de la misma.

La resistencia característica (f'_m de diseño) se determinó siguiendo lo establecido en la Norma E-070, como el valor promedio de la muestra ensayada menos la desviación estándar. Este procedimiento se aplicó al conjunto total de prismas, tanto de ladrillo artesanal como de ladrillo industrial de arcilla.

$$f_m = \frac{\text{Carga Máxima}}{\text{Área Bruta}} \quad (1.6)$$

$$f'_m = f_m - \sigma \quad (1.7)$$

Donde:

f_m : Resistencia a la compresión promedio

f'_m : Resistencia a la compresión característica

σ : Desviación estándar

Para este estudio se elaboraron 50 pilas de ladrillo industria y artesanal de arcilla, con un espesor de junta de 1cm; de las cuales 40 fueron sometidas a diferentes tipos de curado como son: sumergidas completamente en agua, curadas con Sika® Antisol® S, regadas con agua una vez al día, regadas con agua tres veces al día; y 10 pilas no fueron sometidas a ningún tipo de curado (5 pilas de ladrillo artesanal y 5 pilas de ladrillo industrial), las que le llamaremos pilas patrón.

Se registró la altura y espesor efectivo de cada uno de los prismas, tanto de ladrillo artesanal como de ladrillo industrial de arcilla.

Los ensayos a la compresión de las pilas de ladrillo, fueron efectuados a los 28 días de edad.

Los cálculos que se obtuvieron obtenidos son el resultado de los ensayos realizados en el laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca, los cuales se muestran en la **Tabla 9** y **Tabla 10**.

Tabla 9

Cantidad de pilas de ladrillo artesanal, frecuencia de curado del ladrillo

PILAS A ENSAYAR PARA f_m' - LADRILLO ARTESANAL				
TIPO DE CURADO	TIPO DE LADRILLO	FRECUENCIA DE REGADO	CANTIDAD ESPECÍMENES	FECHA DE MONTAJE
Pilas sin curado	Artesanal	-	5	13/05/2024
Pilas rociadas con agua	Artesanal	1 vez al día	5	14/05/2024
Pilas rociadas con agua	Artesanal	3 vez al día	5	15/05/2024
Pilas inmersas en agua	Artesanal	-	5	16/05/2024
Pilas rociadas con Sika® Antisol® S	Artesanal	1 vez al día	5	17/05/2024

Tabla 10*Cantidad de pilas de ladrillo industrial, frecuencia de curado del ladrillo*

PILAS A ENSAYAR PARA f_m' - LADRILLO ARTESANAL KING KONG 18H				
TIPO DE CURADO	TIPO DE LADRILLO	FRECUENCIA DE REGADO	CANTIDAD ESPECÍMENES	FECHA DE MONTAJE
Pilas sin curado	Industrial	-	5	13/05/2024
Pilas rociadas con agua	Industrial	1 vez al día	5	14/05/2024
Pilas rociadas con agua	Industrial	3 vez al día	5	15/05/2024
Pilas inmersas en agua	Industrial	-	5	16/05/2024
Pilas rociadas con Sika® Antisol® S	Industrial	1 vez al día	5	17/05/2024

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación**4.4.1. Población**

Se consideró como población, al conjunto de pilas que se estudió en forma integral, de ladrillo industrial King Kong 18H Sipán y artesanal de arcilla de la ladrillera del Centro Poblado “El Cerrillo” de la ciudad de Cajamarca.

4.4.2. Muestra

Para determinar la respectiva muestra se consideró un nivel de confianza del 90%, teniendo así un $Z=1,645$, un margen de error del 12% ($e=0,12$). Así mismo consideramos que no se tiene conocimiento de la variabilidad del parámetro que se desea estudiar y se consideró un 50% ($q=p=0,50$) para

asegurar una muestra suficientemente grande sin subestimar el tamaño necesario; aplicando la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2} \quad (1.7)$$

Donde:

Z : Valor del nivel de confianza

n : Tamaño de muestra

p : Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

$q = 1 - p$: Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

e : Error de estimación

Reemplazando valores:

$$n = \frac{(1,645)^2(0.50)(0.50)}{(0.12)^2} = 46,98$$

$n47$

Teniendo en cuenta la NTP 399.605, 2013; que rige hasta la actualidad, en la que considera una muestra de por lo menos 3 prismas contruidos del mismo material y ensayados a la misma edad.

No obstante, para este trabajo de investigación se elaboró 5 prismas por cada tipo de curado; haciendo un total de 50 primas (especímenes), como se indica a continuación:

- 25 pilas realizadas con ladrillo artesanal de arcilla, como se detalla en la **Tabla 11**.
- 25 pilas con ladrillo industrial de arcilla, como se muestra en la **Tabla 12**.

Tabla 11

Pilas de ladrillo artesanal de arcilla que representan a la muestra.

PILAS A ENSAYAR PARA f_m' - LADRILLO ARTESANAL				
TIPO DE CURADO	FRECUENCIA AL DÍA	Nº. DE ENSAYOS	CANTIDAD ESPECÍMENES	TOTAL, DE UNIDADES POR ESPECÍMENES
Pilas sin curado	-	1	5	5
Pilas rociadas con agua	1 vez al día	1	5	5
	1 vez al día	1	5	5
Pilas inmersas en agua	-	1	5	5
Pilas rociadas con Sika® Antisol® S	1 vez al día	1	5	5
TOTAL				25

Tabla 12

Pilas de ladrillo industrial de arcilla que representan a la muestra.

PILAS A ENSAYAR PARA f_m' - LADRILLO INDUSTRIAL				
TIPO DE CURADO	FRECUENCIA AL DÍA	Nº. DE ENSAYOS	CANTIDAD ESPECÍMENES	TOTAL DE UNIDADES POR ESPECÍMENES
Pilas sin curado	-	1	5	5
Pilas rociadas con agua	1 vez al día	1	5	5
	1 vez al día	1	5	5
Pilas inmersas en agua	-	1	5	5
Pilas rociadas con Sika® Antisol® S	1 vez al día	1	5	5
TOTAL				25

4.4.3. Unidad de Análisis

Fue la pila de albañilería constituida por cuatro hileras de ladrillo unidas con una junta de mortero de espesor de 1cm.

4.4.4. Unidad de Observación

En el presente trabajo de investigación, la unidad de observación ha sido la resistencia a la compresión del espécimen (pila de albañilería).

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Tenemos que, en el desarrollo de este trabajo de investigación para la recolección de datos de diferentes ensayos, se usaron técnicas como la observación y fichas técnicas como instrumentos de recopilación de información.

Tabla 13*Técnicas e instrumentos de recopilación de información*

Objetivo específico	Fuente	Técnica	Instrumento	Muestra
Comparar la resistencia a compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial de arcilla sin curar con las rociadas con Sika® Antisol® S, inmersas en agua, rociadas con agua una vez al día y tres veces al día.	primaria	Observación cuantitativa	Ficha técnica de ensayo - Tabla de resultados	Resultados de ensayos
Comparar la resistencia a compresión de las pilas construidas con ladrillo artesanal de arcilla sin curar con las rociadas con Sika® Antisol® S, inmersas en agua, rociadas con agua una vez al día, tres veces al día.	Primaria	Observación cuantitativa	Ficha técnica de ensayo - Tabla de resultados	Resultados de ensayos

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

4.6.1. Técnicas

Para este trabajo de investigación vamos a utilizar la observación directa y fichas para la recopilación de datos.

- **Observación directa**

Es una herramienta valiosa en muchas investigaciones, ya que permite a los investigadores recopilar datos de primera mano y obtener

una comprensión profunda de los comportamientos, actitudes y patrones que se desean estudiar (Medina et al., 2023).

- **Fichas para recopilar datos**

Documento o formulario utilizado para registrar y organizar información específica sobre un individuo, objeto, evento o situación.

4.6.2. Análisis de información

Para llevar a cabo el procesamiento de datos y análisis de la información de este trabajo de investigación, así como los gráficos se hizo uso de programas computarizados como son el Microsoft Excel 2019, InfoStat y Minitab. Teniendo en cuenta también las NTP, y la Norma E-070, 2019.

4.7. Personal, materiales, equipos e insumos

4.7.1. Personal

4.7.1.1. Especializado

- **Ingeniero civil investigador**

Encargado del proyecto de investigación, es el que analiza, diseña los experimentos y redacta la tesis.

- **Técnico de laboratorio**

Es el que se encargó del manejo de equipos de laboratorio y la realización de los ensayos.

- **Docente asesor**

Orientar académica y técnicamente al ingeniero civil investigador.

4.7.1.2. Obrero

- **Operario (01)**

Fue el encargado de operar los equipos y maquinaria durante el trabajo en laboratorio.

- **Peones (01)**

Realizó tareas de apoyo, como transportar materiales, limpiar áreas de trabajo, etc.

4.7.2. Materiales

4.7.2.1. Materiales de ferretería y similares

- **Ladrillo artesanal de arcilla**

Ladrillo utilizado de la ladrillera del Centro Poblado “El Cerrillo”, uno de los componentes principales para las pilas de ladrillo que se realizaron.

- **Ladrillo industrial de arcilla**

El ladrillo industrial utilizado³ para esta investigación, fue el ladrillo King Kong H18 Sipán.

- **Aditivo Sika® Antisol® S:** Se utilizó para curar las juntas de mortero de las pilas de ladrillo industrial y artesanal.

- **Cemento Pacasmayo Tipo I**

Fue el componente para el mortero de las juntas de pilas de albañilería.

- **Arena gruesa**

Utilizado para la mezcla de mortero, proporcionando consistencia, trabajabilidad y resistencia.

- **Yeso**

Este material fue utilizado para igualar y analizar la superficie de las pilas de albañilería que van a estar en contacto con la máquina universal de laboratorio de materiales.

- **Agua**

Es un material importante que se va a utilizar para el mortero y el curado de las pilas de albañilería.

4.7.2.2. Materiales de escritorio

- **Libreta de campo y fichas**

Esta libreta se utilizó para tomar nota durante los experimentos que se realizó.

- **Lapiceros y marcador**

Se utilizó para la documentación de los datos experimentales.

- **Reglas y Vernier**

Herramienta que se utilizó para la medición durante el proceso experimental.

4.7.3. Equipos

4.7.3.1. Equipos de laboratorio

- **Balanza (con capacidad de 300 kg y aproximación de 0.1 gr.)**

Equipo que se utilizó para pesar los materiales.

- **Horno para secado**

Se utilizó para el secado de los materiales antes de las pruebas.

- **Máquina de compresión universal**

Esta máquina se utilizó para evaluar la resistencia a la compresión de pilas de ladrillo ya sea industrial o artesanal.

- **Regla de metal con graduación 1mm**

Fue utilizada para hallar las medidas de los ladrillos, así como también de las pilas de albañilería.

- **Badilejo**

Utilizada para la manipulación de los materiales.

4.7.3.2. Equipos de oficina

- **Computadora portátil**

Este equipo fue utilizado para la elaboración de la tesis (Procesamiento de datos y redacción)

- **Cámara fotográfica**

Se empleó para documentar visualmente el proceso de investigación.

- **Impresora**

Utilizada para imprimir la investigación correspondiente una vez terminada.

4.8. Matriz de consistencia metodológica

La matriz de Consistencia metodológica, se muestra en la **Tabla 14**.

Tabla 14

Matriz de consistencia metodológica

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PILAS CONSTRUIDAS CON LADRILLO INDUSTRIAL Y ARTESANAL DE ARCILLA EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, CURADO CON AGUA Y CON OTROS TIPOS DE CURADO

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTE / INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Cuál es el porcentaje de variación de la resistencia a compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial y artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca, curado con agua y con otros tipos de curado como Sika® Antisol®S respecto a las no curadas?	Determinar la variación de la resistencia a compresión de las pilas construidas de ladrillo industrial y artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curar, curadas con aditivo impermeabilizante y con agua en diferentes proporciones.	La resistencia a compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial o artesanal de arcilla curadas varía en un 10% respecto a las no curadas.	Independiente: Tipo de ladrillo Tipo de curado Dependiente: Resistencia a la compresión de las pilas de albañilería	Tipo de curado Mpa o Kg/cm ²	Tipo de curado Sin curado (pilas patrón) Regados con agua 1 vez al día por 28 días Regados con agua 3 veces al día por 28 días Completamente sumergidas en agua por 28 días Colocación de aditivo plastificante por única vez Variación de la resistencia a compresión de las pilas de albañilería.	Primaria / Ficha Primaria / Ficha	Determinar las propiedades de las unidades de albañilería y el mortero Cuantificar la resistencia a compresión de las pilas de albañilería con diferentes tipos de curado	Población: Pilas de ladrillo industrial King Kong y artesanal de la ladrillera del centro poblado El Cerrillo de Cajamarca. Muestra: ● 5 pilas de ladrillo industrial sin curar ● 5 pilas de ladrillo industrial curadas con agua 1 vez al día por 28 días ● 5 pilas de ladrillo industrial curadas con agua 3 veces al día por 28 días ● 5 pilas de ladrillo industrial curadas con Sika® Antisol® S por única vez ● 5 pilas de ladrillo artesanal sin curar ● 5 pilas de ladrillo artesanal curadas con agua 1 vez al día por 28 días ● 5 pilas de ladrillo artesanal curadas con agua 3 veces al día por 28 días ● 5 pilas de ladrillo artesanal curadas con aditivo impermeabilizante por única vez Ensayos de todas las pilas a los 28 días

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. Unidades de albañilería ensayadas

Tabla 15

Características de las unidades de albañilería ensayadas.

Características	Ladrillo artesanal del C.P. "El Cerrillo"	Ladrillo industrial King Kong 18H SIPAN
Dimensiones	20.90X11.83X7.56 Cm	23.08X11.82X8.78 cm
Número de probetas ensayadas	10	10
Peso	2.89 Kg	2.72 Kg
Resistencia característica a la compresión (f'_b)	7.25 Mpa (73.96 kg/cm ²)	8.13 Mpa (82.95 kg/cm ²)
Desviación estándar (σ)	0.86 Mpa (8.80 kg/cm ²)	0.43 Mpa (4.23 kg/cm ²)
Coeficiente de variación (cv)	10.63%	4.85%

5.1.2. Ensayos clasificatorios del ladrillo

5.1.2.1. Variación dimensional

Tabla 16

Resultados de variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla

Ladrillo artesanal de arcilla			
Características	Largo	Ancho	Alto
Medida brinda por el fabricante	L=210.00 mm	A=120.00 mm	H=80.00 mm
Desviación estándar (σ)	$\sigma=1.20$	$\sigma=1.49$	$\sigma=0.54$
Medidas Promedio	L=208.83 mm	L=118.13 mm	L=75.18 mm
Coeficiente de Variación (c.v)	0.57%	1.26%	0.72%
Variación Dimensional	0.56%	1.56%	6.03%

Tabla 17*Resultados de variación dimensional del ladrillo industrial de arcilla*

Ladrillo industrial Kig Kong 18H SIPÁN			
Características	Largo	Ancho	Alto
Medida brinda por el fabricante	L=230.00 mm	A=120.00 mm	H=90.00 mm
Desviación estándar (σ)	$\sigma=1.68$	$\sigma=1.94$	$\sigma=1.19$
Medidas Promedio	L=230.70 mm	L=118.15 mm	L=87.60 mm
Coeficiente de Variación (c.v)	0.73%	0.63%	1.36%
Variación Dimensional	-0.30%	2.00%	2.67%

5.1.2.2. Alabeo**Tabla 18***Resultados de alabeo del ladrillo artesanal de arcilla*

Ladrillo artesanal de arcilla	
Cóncavo	0.98
Convexo	0.95

Tabla 19*Resultados de alabeo del ladrillo industrial de arcilla*

Ladrillo industrial King Kong 18H SIPÁN	
Cóncavo	0.50
Convexo	0.48

5.1.2.3. Compresión simple**Tabla 20***Resultados de compresión simple del ladrillo industrial de arcilla*

Ladrillo industrial King Kong 18H SIPÁN		
Características	Mpa	Kg/cm2
Resistencia a la compresión promedio (fb)	8.55	87.19
Desviación estándar (σ)	0.42	4.23
Resistencia a la compresión característica ($f'b$)	8.13	82.95
Coeficiente de variación (cv)	4.85%	4.85%

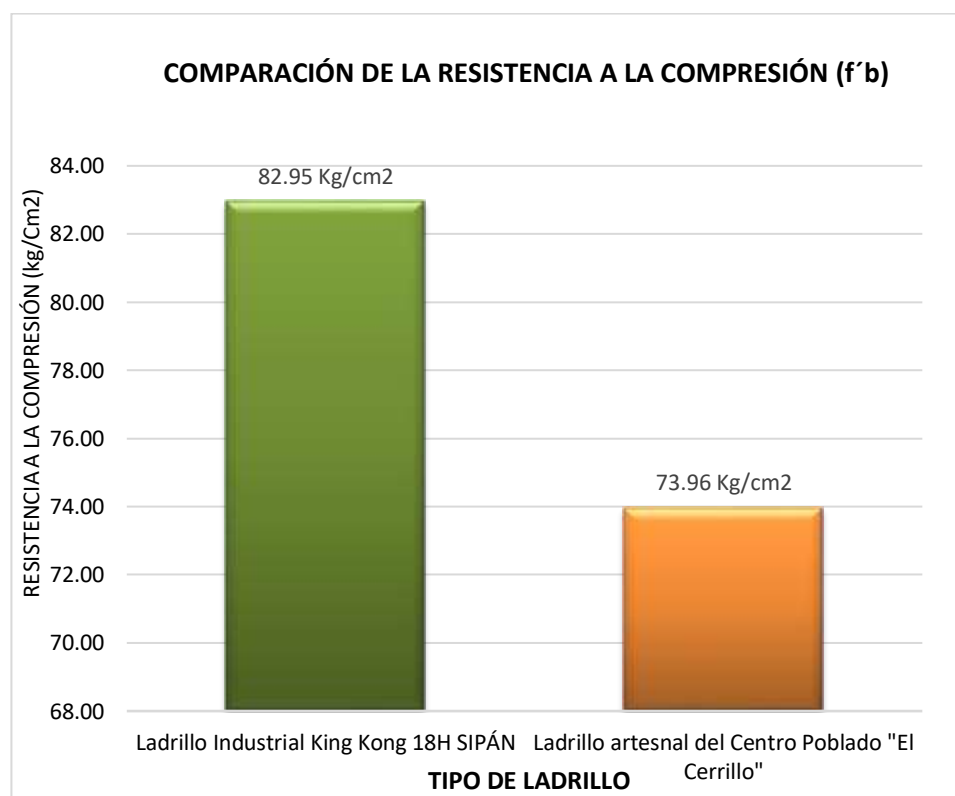
Tabla 21

Resultados de compresión simple del ladrillo artesanal de arcilla

Ladrillo artesanal de arcilla		
Características	Mpa	Kg/cm2
Resistencia a la compresión promedio (fb)	8.12	82.76
Desviación estándar (σ)	0.86	8.80
Resistencia a la compresión característica (f'b)	7.25	73.96
Coeficiente de variación (cv)	10.63%	10.63%

Figura 10

Comparación de la resistencia a la compresión del ladrillo industrial y artesanal de arcilla



Como se observa en la **Figura 10**, la resistencia a la compresión del ladrillo industrial King Kong 18H SIPÁN (82.95 kg/cm²) es superior a la del ladrillo artesanal del Centro Poblado "El Cerrillo" (73.96 kg/cm²), presentando una diferencia aproximada del 12.10%.

5.1.3. Ensayos no clasificatorios de ladrillo

5.1.3.1. Ensayo de succión

Tabla 22

Resultados de succión del ladrillo artesanal de arcilla

Ladrillo artesanal de arcilla	
Succión Promedio (gr/200 cm ² -min)	65.17
Desviación estándar (σ)	10.85
Coeficiente de variación (c.v)	16.65%

Tabla 23

Resultados de succión del ladrillo industrial de arcilla

Ladrillo industrial King Kong 18H SIPÁN	
Succión Promedio (gr/200 cm ² -min)	42.35
Desviación estándar (σ)	3.88
Coeficiente de variación (c.v)	9.16%

5.1.3.2. Ensayo de absorción

Tabla 24

Resultados de absorción de ladrillo artesanal de arcilla

Ladrillo artesanal de arcilla del C.P. “El Cerrillo”	
Absorción Promedio	16.38%
Desviación estándar (σ)	0.50
Coeficiente de variación (c.v)	3.03%

Tabla 25

Resultados de absorción del ladrillo industrial de arcilla

Ladrillo industrial King Kong 18H SIPÁN	
Absorción Promedio	12.75%
Desviación estándar (σ)	0.84
Coeficiente de variación (c.v)	6.60%

5.1.4. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería

5.1.4.1. Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo industrial de arcilla

Se realizaron 25 pilas de ladrillo, utilizando ladrillo industrial King Kong de 18H SIPÁN, con un espesor de junta de 1cm, y sometidas a diferentes tipos de curado, que posteriormente fueron ensayadas en el laboratorio de materiales; obteniendo los resultados que muestra la **Tabla 26**, y su correspondiente gráfico en la **Figura 12**.

Tabla 26

Resultados de resistencia a la compresión de pilas de ladrillo industrial de arcilla

Tipo de ladrillo	Características	P máx (promedio) (Tn)	f'm (promedio) (kg/cm2)	Desviación Estándar (σ)	Coefficiente de Variación (c.v)
Industrial King Kong 18H SIPÁN	Sin curado.	25.70	91.41	7.40	0.08
	Rociadas con Sika® Antisol® S	22.70	81.16	6.92	0.09
	Inmersas en agua	19.50	69.72	3.16	0.05
	Rociadas con agua 1 vez al día	22.40	80.52	13.40	0.17
	Rociadas con agua 3 veces al día	25.90	93.90	5.59	0.06

Tabla 27

Resultados de resistencia a la compresión característica de pilas de ladrillo industrial de arcilla

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO INDUSTRIAL DE ARCILLA KING KONG 18H SIPÁN (F'M) (kg/cm2)					
TIPO DE LADRILLO	Sin curado	Rociadas con Sika® Antisol® S	Inmersas en agua	Rociadas con agua 1 vez al día	Rociadas con agua 3 veces al día
INDUSTRIAL	84.01	74.23	66.56	67.12	88.31

Figura 11

Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo industrial de arcilla

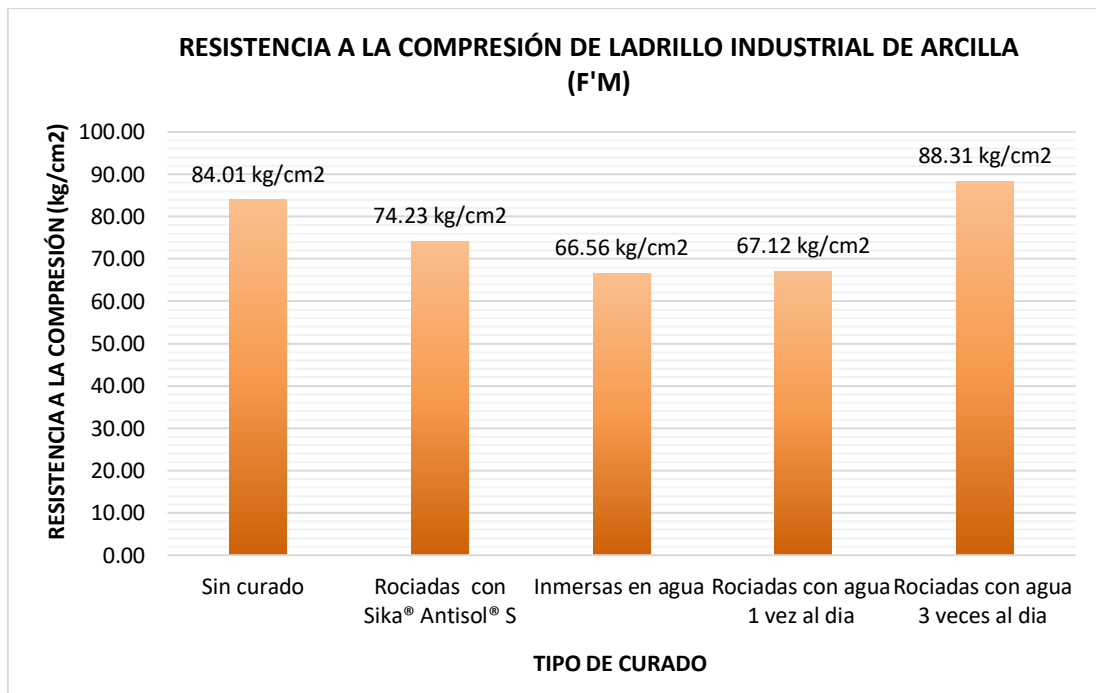


Tabla 28

Porcentaje de variación de pilas de ladrillo industrial de arcilla curadas, respecto a las sin curado (pilas patrón)

Porcentaje de variación respecto a pilas sin curado (Pilas Patrón)		
Tipo de curado	Ladrillo industrial King Kong 18H SIPÁN Kg/cm2	% Variación
Sin Curado	84.01	0.00%
Sika® Antisol® S	74.23	-13.17%
Inmersas en agua	66.56	-26.21%
Rociadas con agua 1 vez al día	67.12	-25.16%
Rociadas con agua 3 veces al día	88.31	4.87%

5.1.4.2. Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal de arcilla

Se realizaron 25 pilas de ladrillo artesanal con espesor de junta de 1 cm, y una dosificación cemento/arena (1:4) para mortero, sometidas a diferentes tipos de curado que posteriormente fueron ensayadas en el laboratorio de materiales de los cuales se obtuvo los resultados que se muestran en la **Tabla 29**. Así mismo tenemos el gráfico correspondiente en la **Figura 12**.

Tabla 29

Resultados de resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal de arcilla

Tipo de ladrillo	Características	P máx (promedio) (Tn)	f'm (promedio) (kg/cm2)	Desviación Estándar (σ)	Coefficiente de Variación (c.v)
Artesanal	Sin curado	6.70	27.35	3.67	0.13
	Curadas con Sika® Antisol® S	7.30	29.70	2.74	0.09
	Sumergidas en agua	9.70	39.29	2.83	0.07
	Curadas 1 vez al día con agua	7.40	30.37	3.34	0.11
	Curadas 3 veces al día con agua	7.20	29.60	1.17	0.04

Tabla 30

Resultados de la resistencia a la compresión característica de pilas de ladrillo artesanal de arcilla

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA (F'M) (kg/cm2)					
TIPO DE LADRILLO	Sin curado	Rociadas con Sika® Antisol® S	Inmersas en agua	Rociadas con agua 1 vez al día	Rociadas con agua 3 veces al día
Artesanal	23.68	26.96	36.46	27.03	28.43

Figura 12

Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal de arcilla

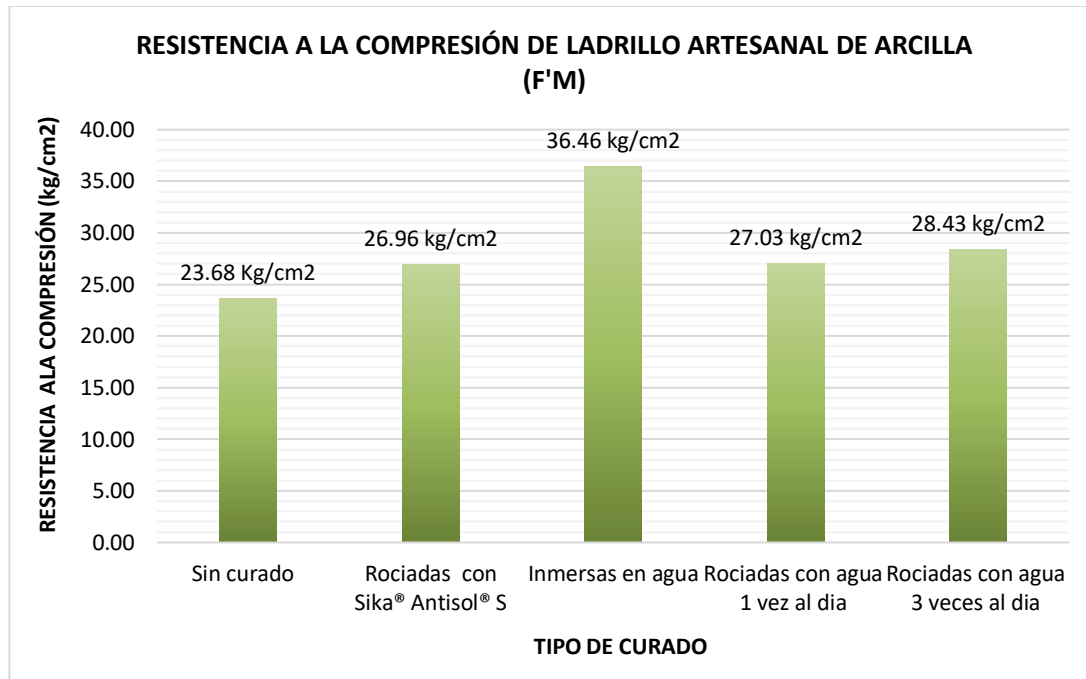


Tabla 31

Porcentaje de variación de pilas de ladrillo artesanal de arcilla curadas, respecto a las sin curado (pilas patrón)

Porcentaje de variación respecto a pilas sin curado (Pilas Patrón)		
Tipo de curado	Ladrillo artesanal del Centro Poblado "El Cerrillo"	% Variación
	Kg/cm2	
Sin Curado	23.68	0.00%
Sika® Antisol® S	26.96	12.18%
Inmersas en agua	36.46	35.06%
Rociadas con agua 1 vez al día	27.03	12.41%
Rociadas con agua 3 veces al día	28.43	16.73%

5.1.4.3. Comparación de la resistencia a la compresión de pilas de ladrillo industrial y artesanal de arcilla

A continuación, se presenta la **Tabla 32**, mostrando los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial y artesanal de arcilla.

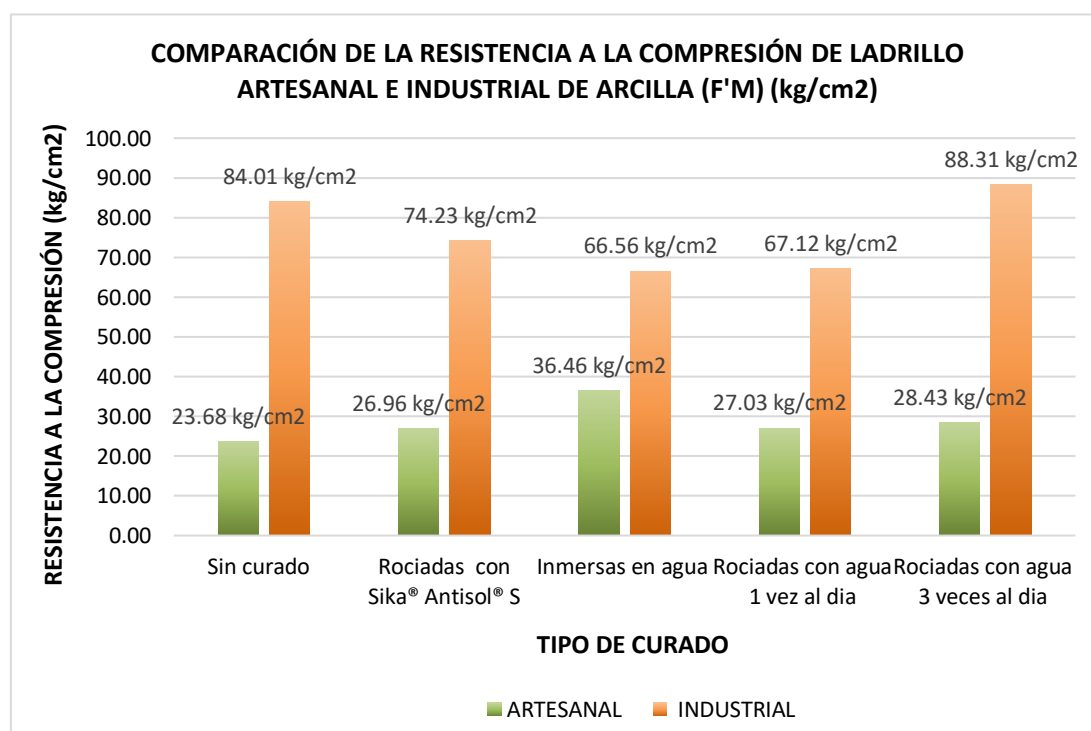
Tabla 32

Resultados de la resistencia a la compresión característica de pilas de ladrillo artesanal e industrial

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO ARTESANAL E INDUSTRIAL DE ARCILLA(F'M) (kg/cm ²)					
TIPO DE LADRILLO	Sin curado	Rociadas con Sika® Antisol® S	Inmersas en agua	Rociadas con agua 1 vez al día	Rociadas con agua 3 veces al día
ARTESANAL	23.68	26.96	36.46	27.03	28.43
INDUSTRIAL	84.01	74.23	66.56	67.12	88.31

Figura 13

Comparación de la resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal e industrial de arcilla



5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. Unidades de albañilería ensayadas

En las unidades de albañilería ensayadas en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca, los ladrillos que son fabricados de manera artesanal en el Centro Poblado “El Cerrillo” del distrito de Baños del Inca, tienen como dimensiones promedio 20.90x11.83x7.56 cm; las cuales no cumplen con las medidas con las que son vendidas que son 21x12x8 cm; como se muestra en la **Tabla 15**. En lo correspondiente a las unidades de ladrillo industrial de arcilla King Kong 18H SIPÁN, que fueron ensayadas a compresión simple, se obtuvieron medidas de 23.08x11.82x8.78 cm, las cuales varían con su correspondiente ficha técnica que indica 23x9x12 cm; también indicado en la **Tabla 15**.

Así mismo se obtuvo los resultados del ensayo a la compresión de los ladrillos artesanales, los cuales se muestran en la **Tabla 15**, arrojando un $f'_{b}=73.96 \text{ Kg/cm}^2$ equivalente a un $f'_{b}=7.25 \text{ Mpa}$; y haciendo uso de la norma E-070 tenemos que viene a ser un ladrillo TIPO II. También se obtuvo la resistencia a compresión simple de los ladrillos industriales en la que se obtuvo un $f'_{b}=82.95 \text{ kg/cm}^2$ equivalente a $f'_{b}=8.13 \text{ Mpa}$; según lo muestra la **Tabla 15**, lo cual corresponde a un ladrillo Tipo II, según la Norma E-070 – Albañilería.

Finalmente, concluimos que las unidades de albañilería industriales y artesanales de arcilla evaluadas en la presente investigación cumplen con los requisitos establecidos por la Norma E-070 - Albañilería, en cuanto a los parámetros de resistencia a la compresión exigidos para su clasificación y uso estructural. Por tanto, los ladrillos analizados presentan un comportamiento

mecánico adecuado para ser empleados en edificaciones que demanden materiales con propiedades resistentes y homogéneas, garantizando la seguridad y estabilidad de las construcciones.

5.2.2. Ensayos clasificatorios del ladrillo

5.2.2.1. Variación dimensional

Este ensayo fue realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. La **Tabla 16**, nos muestra que los ladrillos producidos artesanalmente no cuentan con uniformidad dimensional, ni cumplen con las medidas que nos da el fabricante, dado que tienen un coeficiente de variación de 0.57% para el largo, 1.26% para el ancho y 0.72% para el alto; permitiéndonos de esta manera clasificarlo según la Norma E-070 como un ladrillo Tipo I.

En la **Tabla 17**, se muestra los resultados obtenidos de los ladrillos industriales de arcilla, los cuales también no cuentan con uniformidad dimensional en comparación de su ficha técnica, un porcentaje de variación dimensional de 0.73% de largo, 0.63% de ancho y 1.36% de alto; clasificándose también como ladrillo Tipo I.

5.2.2.2. Alabeo

Los resultados obtenidos con respecto a este ensayo en ladrillos artesanales de arcilla se muestran en la **Tabla 18**, cuentan con una concavidad

de 0.98 mm y convexidad de 0.95 mm; que nos permiten clasificarlos como Tipo I.

En la **Tabla 19**, se muestran los resultados de los ladrillos industriales que presentan una concavidad de 0.50 mm y convexidad de 0.48 mm; teniendo en cuenta la norma E-070, nos permite clasificarlos como ladrillos Tipo I.

5.2.2.3. Compresión simple

De acuerdo con la **Tabla 20**, los ladrillos fabricados de manera artesanal presentan una resistencia a la compresión de $f'_b=73.96 \text{ Kg/cm}^2$ (equivalente a $f'_b=7.25 \text{ Mpa}$), cumpliendo con los valores mínimos establecidos por el reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Norma E-070 (70 Kg/cm^2). Esto clasifica a dichos ladrillos como Tipo II, con un coeficiente de variación de 10.63%, lo que indica una uniformidad aceptable en sus propiedades mecánicas.

De acuerdo con la **Tabla 21**, los ladrillos industriales presentan una resistencia a la compresión de $f'_b=82.95 \text{ kg/cm}^2$ (equivalente a $f'_b=8.13 \text{ Mpa}$), cumpliendo con los requisitos establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Norma E-070 (70 Kg/cm^2). Esto permite clasificarlos como Tipo II, con un coeficiente de variación de 4.85%, lo que refleja una alta uniformidad en sus propiedades mecánicas.

La **Figura 10** muestra la comparación de la resistencia a la compresión de los ladrillos fabricados de manera industrial y artesanal de arcilla de manera más clara, evidenciando de esta manera que la resistencia

a la compresión de los ladrillos industriales King Kong 18H SIPÁN presentan un mayor valor promedio en comparación con los ladrillos artesanales del Centro Poblado “El Cerrillo”.

5.2.3. Ensayos no clasificatorios del ladrillo

5.2.3. Ensayo de succión

Según la Norma E-070, se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200cm²-min, de lo contrario colocarlas o regarlas en agua durante 30 min entre 10 y 15 horas antes de asentarlas.

De la **Tabla 22**, podemos observar que los valores obtenidos de los ladrillos elaborados artesanalmente tenemos 65.17 gr/200 cm²-min, evidenciamos que el valor obtenido es superior a lo que señala la Norma E-070, por lo que se le debe colocar en agua por un periodo de 30 minutos antes de asentarlas. Los valores obtenidos con el ladrillo industrial según la **Tabla 23** son de 42.35 gr/200cm²-min también van a necesitar un periodo de 30 min en agua.

5.2.3. Ensayo de absorción

Según la Norma E-070 correspondiente a la norma de albañilería, las unidades de arcilla tendrán una absorción no mayor que 22%.

El ensayo de absorción de agua en ladrillos es muy importante ya que es un indicador de calidad, y por consiguiente también es importante para sus

resistencias a la compresión. Un ladrillo con alta absorción de agua puede ser más débil y propenso a deteriorarse con el tiempo; tiende a tener menor resistencia a la compresión. Así mismo tenemos una absorción del ladrillo artesanal de arcilla de 16,38%, la cual se muestra en la **Tabla 24**, y de 12.75% de ladrillo industrial de arcilla que se muestra en la **Tabla 25**. Estos resultados vienen a ser menores al 22%, que viene a ser el máximo que establece la norma E-070, 2019.

5.2.4. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería

5.2.4.1. Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo industrial de arcilla

Los resultados con ladrillo industrial King Kong 18H SIPÁN, se pueden evidenciar en la **Tabla 26**, en las que se muestra los resultados de las pilas sometidas a curadores como: Sika® Antisol® S, sumergidas en agua, regadas con agua 1 vez al día y regadas con agua 3 veces al día.

Así mismo en la **Figura 12**, podemos notar que las pilas curadas 3 veces al día son las que tienen una mayor resistencia a la compresión con un $f'm=88.31$ kg/cm²; las pilas con menor resistencia a la compresión son las que se encuentran sumergidas completamente en agua con una resistencia a la compresión $f'm=66.56$ kg/cm²; esto probablemente se debe a la saturación de agua que baja su resistencia a la compresión en este tipo de ladrillo.

En la **Tabla 28**, observamos los resultados del porcentaje de variación de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial King Kong de 18H SIPÁN de arcilla sometidas un tipo de curador con respecto a las pilas que no

fueron sometidas a ningún tipo de curado (pilas patrón). Tenemos que el porcentaje de variación más elevado con respecto a las pilas patrón fueron las *curadas con agua tres veces al día*, con una variación de aumento de resistencia de 4.87%; y las pilas que presentaron baja variación a la resistencia a la compresión con respecto a las pilas patrón, fueron las que fueron *sumergidas en agua*, con un -26.21%.

López & Sánchez (2020), en su estudio “*efecto del curado tradicional en ladrillos industriales: resistencia y porosidad*”, el estudio concluyó que el curado tradicional, aunque ampliamente utilizado, no garantiza una mejora significativa en la resistencia de ladrillos industriales con baja porosidad, fabricados bajo procesos controlados. La porosidad reducida limita la eficacia del curado tradicional, y algunos métodos pueden incluso afectar negativamente la resistencia mecánica.

El resultado de los ensayos mostró que, en algunos casos, el curado con agua puede generar una ligera disminución en la resistencia a la compresión. Esto evidencia que los tipos de curado deben ser seleccionados en función de las propiedades específicas del material y no aplicados de manera generalizada.

5.2.4.2. Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal de arcilla

Notamos en la **Tabla 29** los resultados que se obtuvieron en las pilas de ladrillo artesanal de arcilla, las cuales se sometieron a diferentes tipos de curados como son: Con Sika® Antisol® S, sumergidas en agua, regadas con agua 1 vez al día y regadas con agua 3 veces al día. De estos resultados podemos obtener

la **Figura 11**, el que notamos que las pilas que presentan mayor resistencia a la compresión fueron inmersas completamente en agua con un $f'm=36.46 \text{ kg/cm}^2$, seguidas por las pilas curadas 3 veces al día con un $f'm=28.43 \text{ kg/cm}^2$, Lo cual nos indica que el agua como curado es crucial para la hidratación de las pilas de albañilería, permitiéndole de esta manera hidratar el cemento, endureciéndolo y desarrollar resistencia y durabilidad; evitando de esta manera las grietas y baja resistencia. Notamos en las pilas sin ningún tipo de curado, que presentan una resistencia a la compresión de $f'm=23.68 \text{ kg/cm}^2$ que viene a ser la más baja.

En la **Tabla 31**, observamos los resultados del porcentaje de variación de la resistencia a la compresión de pilas construidas con ladrillo artesanal de arcilla sometidas a un tipo de curador con respecto a las pilas que no fueron sometidas a ningún tipo de curado (pilas patrón). Tenemos que el porcentaje de variación más elevado con respecto a las pilas patrón fueron las pilas *sumergidas en agua*, con una variación de aumento de resistencia de 35.06%; y las pilas que presentaron baja variación a la resistencia a la compresión con respecto a las pilas patrón, fueron las que fueron sometidas al curador Sika® Antisol® S, con un 12.18%.

El curado adecuado, especialmente mediante la aplicación constante de agua, es un factor clave para asegurar no solo la resistencia, sino también la durabilidad de la albañilería. La correcta conservación de la humedad durante el período inicial del endurecimiento previene fisuras, reduce la contracción y mejora la integridad estructural del conjunto, aspectos que son críticos para el desempeño de las pilas en aplicaciones constructivas.

5.2.4.3. Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo industrial y artesanal de arcilla

En la **Figura 13**, se muestran las resistencias a la compresión de las pilas de ladrillos industriales y artesanales sometidas a distintos métodos de curado. Se observa que las pilas con mayor resistencia a la compresión son las pilas elaboradas con ladrillo industrial, con un valor de 88.31 Kg/cm², las cuales fueron rociadas con agua tres veces al día. Para el caso de las pilas elaboradas con ladrillo artesanal, las pilas que alcanzaron mayor resistencia a la compresión fueron las pilas inmersas en agua, que presentan una resistencia a la compresión de 36.46 Kg/cm². Según la Norma E-070 – Albañilería, la resistencia mínima requerida para que una pila sea estructuralmente aceptable es de 35 Kg/cm². Esto indica que, bajo las condiciones de curado realizadas, las pilas industriales cumplen ampliamente con la norma, mientras que los ladrillos artesanales solo alcanzan el requisito mínimo en determinadas condiciones de curado.

5.3. Contrastación de hipótesis

5.3.1. Hipótesis general

Los resultados experimentales obtenidos confirman la hipótesis general planteada, la cual establecía que la resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial y artesanal de arcilla de la ciudad de Cajamarca sin curar varía en un 10% en comparación con aquellas sometidas a diferentes tipos de curado. En efecto, se evidenció que las pilas

elaboradas con ladrillo artesanal presentaron incrementos superiores al 10% en todos los casos analizados, mientras que las construidas con ladrillo industrial mostraron disminuciones también superiores al 10%, con excepción de las pilas curadas con agua tres veces al día, que alcanzaron un aumento del 4.87%. Por consiguiente, se corrobora que los procesos de curado influyen significativamente en la resistencia a la compresión de las pilas, generando variaciones iguales o superiores al 10% respecto a las pilas patrón sin curado.

Ramírez et al. (2019) señalan que el curado húmedo contribuye significativamente al aumento de la resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales, registrando incrementos comprendidos entre 12" y 15% después de 7 días de curado. Este efecto se atribuye a un proceso más eficiente de hidratación y endurecimiento del material. Dichos resultados son consistentes con los hallazgos de la presente investigación, los cuales evidencian que el curado de los ladrillos artesanales genera incrementos superiores al 10% con respecto a la resistencia a la compresión, corroborando la influencia positiva que este procedimiento tiene en las propiedades mecánicas del ladrillo.

Por otro lado, López & Sánchez (2020) señalan que el curado tradicional no siempre genera mejoras significativas en la resistencia a la compresión de los ladrillos industriales, debido a su proceso de fabricación controlado y a la menor porosidad del material. Algunos métodos de curado pueden incluso ocasionar un leve debilitamiento o presentar variaciones mínimas en la resistencia, cercanas a $\pm 5\%$. Estos hallazgos son consistentes con la obtención de resultados del presente trabajo de investigación, en los cuales las pilas de ladrillo industrial mostraron disminuciones menores al

10% con ciertos tipos de curado y un incremento leve de 4.87% en los casos de curado frecuente con agua.

5.3.2. Hipótesis específica

En el presente estudio se formularon dos hipótesis específicas, cuyos resultados y contrastes se presentan continuación para evaluar su validez y alcance en función del método experimental aplicado.

- En la **Tabla 28**, se presentan los resultados obtenidos, los cuales permiten evaluar la validez de la hipótesis específica número uno. Los datos muestran que la resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo industrial de arcilla disminuye en 13.17% cuando son curadas con Sika® Antisol® S, en 26.21% inmersas en agua y en 25.16% al ser rociadas con agua una vez al día; lo que respalda la hipótesis número dos. Sin embargo, las pilas rociadas con agua tres veces al día presentan un incremento del 4.85%, lo que contradice la hipótesis. En consecuencia, se concluye que la hipótesis número uno no se cumple de manera general, evidenciando que su validez depende del método de curado aplicado.
- Según los resultados que se muestran en la **Tabla 31**, la resistencia a la compresión de las pilas construidas con ladrillo artesanal de arcilla, aumenta de manera significativa cuando se aplican distintos

métodos de curado: 12.41% con Sika® Antisol® S, 35.06% por inmersión en agua, 12.41% rociado con agua una vez al día, 16.73% rociado con agua tres veces al día, en comparación con las pilas que no se sometieron a ningún tipo de curado. Estos incrementos confirman de manera consistente la hipótesis específica número dos, evidenciando que los diferentes procedimientos de curado mejoran la resistencia a la compresión de las pilas de ladrillo artesanal de arcilla.

CONCLUSIONES

Los resultados confirman la hipótesis, evidenciando que el curado influye significativamente en la resistencia a la compresión de las pilas de ladrillo de arcilla en Cajamarca. Las pilas de ladrillo artesanal mostraron incrementos superiores al 10%, mientras que las de ladrillo industrial presentaron disminuciones mayores al 10%, salvo en el curado con agua tres veces al día (con un incremento de 4.87%). Estos hallazgos destacan la importancia de seleccionar métodos de curado adecuados según el tipo de ladrillo, aportando criterios prácticos para mejorar la calidad estructural en construcciones locales.

En el análisis comparativo de la resistencia a la compresión (f'_b) entre dos tipos de ladrillos evidenció que el ladrillo industrial King Kong 18H SIPÁN presentó un valor promedio de resistencia de 82.95 kg/cm², superior al ladrillo artesanal del Centro Poblado "El Cerrillo", cuyo valor fue de 73.96 kg/cm². Esto representa una diferencia de aproximadamente 12.10% en favor del ladrillo industrial, lo que indica una mayor capacidad estructural para soportar cargas de compresión.

Las pilas construidas con ladrillo industrial sometidas a diferentes tipos de curado como el rociado con Sika® Antisol®S, inmersión en agua y rociado una vez al día generó disminuciones en la resistencia a la compresión (13.17%, 26.21% y 25.16%, respectivamente), mientras que el rociado tres veces al día produjo un ligero aumento del 4.85%. Esto indica que la hipótesis número uno

no se cumple de manera general, y que la efectividad del curado en ladrillos industriales depende del tipo de procedimiento aplicado.

En el caso de las pilas construidas con ladrillo artesanal experimentan incrementos significativos en su resistencia a la compresión al aplicar distintos métodos de curado como 12.41% con Sika® Antisol®S, 35.06% por inmersión en agua, 12.41% con rociado de agua una vez al día y 16.73% con rociado tres veces al día. Estos resultados confirman la hipótesis específica número dos, demostrando que los procedimientos de curado mejoran de manera consistente la resistencia de las pilas artesanales.

El curado es más efectivo en ladrillos artesanales que en industriales, evidenciando que la composición y porosidad del material influyen en su respuesta al endurecimiento por curado.

RECOMENDACIONES

Continuar con investigaciones sobre otros tipos de curado, como el curado con dióxido de carbono CO_2 o carbonatación acelerada.

Se recomienda realizar investigaciones adicionales empleando periodos de curado inferiores a 28 días, para analizar el comportamiento estructural de las pilas de albañilería en edades tempranas.

Comparar el desempeño del curado convencional con el curado mediante carbonatación acelerada, para establecer las condiciones óptimas de exposición al CO_2 (concentración, presión, humedad y temperatura) que permitan maximizar la resistencia y minimizar la huella ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Arequipa. (2022). *Manual Del Maestro Constructor*. En Revista de la construcción. <https://tinyurl.com/2crn37dh>
- Bartolomé, A., Quiun, D. y Silva, J. (2019). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de Albañilería*. Segunda edición. Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://repositorio.pucp.edu.pe/bitstreams/3d8e452c-364e-4c8e-a6c8-8de64cf20e77/download>
- Bartolomé, A., Quiun, D. y Silva, J. (2019). *Construcciones de albañilería*. Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cabrera, B. (2023). *Influencia en la resistencia a la compresión axial entre el curado tradicional y el curado con aditivo en pilas de albañilería, Cusco – 2019*. [Universidad Andina del Cusco]. <https://repositorio.uandina.edu.pe/>
- Cementos Yura. (2019). Curado del concreto. Obtenido de Blog de la construcción. <https://www.yura.com.pe/blog/curado-concreto-primeraparte/>
- Cementos Inka. (2018, 16 de octubre). *Tipos de albañilería: Simple, armada y reforzada*. <https://www.cementosinka.com.pe/blog/tipos-de-albanileria-simple-armada-y-reforzada/>
- Cerámica Ctibor. (s. f.). *Ladrillo hueco de Cerámica Ctibor* [Imagen]. En Productos. Recuperado de <https://www.ceramicactibor.com.ar/productos.php>

- Cuenca Granados, B. (2020). *Características físico mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida y su clasificación según la Norma E-070, Chincheros - Apurímac*. [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/df988787-da3c-4358-97be-15648e86b540>
- Dalalbashi, A., Bahman, G., Oliveira, D. (2022). *Effect of early curing and substrate preparation conditions on the physical and mechanical properties of TRM-masonry composites [Efecto del curado temprano y las condiciones de preparación del sustrato en las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos de mampostería TRM]*. Materials. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128733>
- Fernandes, J., Sombra, T., Guilherme, H., Correa, M. (2022). *Effects of post-fire curing on the residual mechanical behavior of cement-lime masonry mortars [Efectos del curado post-fuego sobre el comportamiento mecánico residual de los morteros de mampostería cemento-cal]*. Materials. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126613>
- Gallegos, H., & Casabonne R., C. (2005). *Albañilería Estructural*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gul, A., Shahzada, K., Alam, B., Anees, F., Khan, S. (2021). *Innovative no-cure mortar for enhanced brick masonry performance: A mechanical properties analysis [Innovador mortero sin curado para mejorar el rendimiento de la mampostería de ladrillos: análisis de propiedades mecánicas]*. Materials. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.138659>

- Huamán, M. (2019). *Influencia de la aplicación del aditivo super Chema curador en la resistencia a la compresión axial de la albañilería*. [Universidad Peruana Los Andes].
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1547>
- ICH. (2019). *Manual de albañil de ladrillos cerámicos*.
- INACAL. (2019). *Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland cubos 50 mm de lado*.
- Norma E.070 (2019). *Albañilería*.
- Norma E-030 (2020). *Diseño sismorresistente*.
- NTP 399.605 (2018). *Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería*.
- NTP 399.607 (2018). *Unidades de albañilería*.
- NTP 339.047 (2019). *CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados (concretos)*. Lima. 3ra. Edición.
- Leo - Barros y Artesanías. (2025, 15 de septiembre). *Catálogo de productos artesanales de barro*. Leo-Barros Artesanías.
<https://www.leobarros-artesantias.com/catalogo>
- López, J., & Sánchez, M. (2020). *Estudio del efecto del curado tradicional en ladrillos industriales: resistencia y porosidad* (Tesis de maestría). [Universidad Nacional de Ingeniería].
- Luna Tejada, J. Y. (2020). *Influencia de los tipos de curadores en concretos con plastificante, retardante y acelerante; sobre la compresión y soportividad*. [Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24548>

- Oke, J. A., & Abuel-Naga, H. (2025). *Compressive strength properties of green bricks cured with hydration and accelerated carbonation curing. [Propiedades de resistencia a la compresión de ladrillos verdes curados con hidratación y curado por carbonatación acelerada]*. Emergent Materials. <https://doi.org/10.1007/s42247-025-01220-7>
- Ramírez, M. (2018). *Influencia del tiempo de exposición al agua en la resistencia a la compresión (f'm) de prismas de albañilería fabricados con ladrillos artesanales e industriales de arcilla en la ciudad de Arequipa. [Universidad Católica de Santa María]*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/8e82dbc6-7229-4ac4-acdb-4e2a11157672>
- Rimarachín, J. (2022). *Variación de la resistencia a la compresión de prismas de albañilería con ladrillo de arcilla industrial con mortero 1:4, utilizando un curado convencional y curadores químicos: Chema membril y Sikacem curador. [Universidad Privada del Norte]*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/35716>
- Sika Perú (2025). *Sika® Antisol® S*. https://per.sika.com/dam/dms/pe01/8/sika_antisol_s.pdf
- Sika Canadá (2025). *Cómo realizar un curado húmedo para mampostería*. <https://can.sika.com/en/construction/building-finishing/heritage-mortarsgrouts/information/moist-cure-for-masonry.html>
- Silva, P. V. (2019). *Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal e industrial con mortero cemento - arena 1:4 mejorado con vidrio molido. [Universidad Privada del Norte]*. <https://hdl.handle.net/11537/27341>

Sodimac. (s.f). *Ladrillo King Kong 18H SIPAN Fortes* [Imagen].

<https://sodimac.falabella.com.pe/sodimac-pe/product/120299688/Ladrillo-King-Kong-18H-Sipan-Fortes/>

Stępien, P., Spychał, E., & Skowera, K. (2022). *A comparative study on hygric properties and compressive strength of ceramic bricks. [Un estudio comparativo sobre las propiedades hídricas y la resistencia a la compresión de ladrillos cerámicos]*. Materials.

<https://doi.org/10.3390/ma15217820>

TESSELLE. (2024, 05 de mayo). *Masonry Walls Don't "Dry" - they "Cure"*.

<https://tesselle.com/blogs/design-inspiration/masonry-walls-dont-dry-they-cure-what-does-this-mean>

The Euclid Chemical Company. (2017). *Curado y sellado del concreto – Guía para selección y aplicación*.

TOXEMENT. (2020). *Guía básica para el curado del concreto*.

https://www.toxement.com.co/media/4815/curado_concreto_guia_basica.pdf

Valdivia, J. (2021). *Comparación de la resistencia a la compresión (f'_m) de pilas de ladrillo artesanal elaboradas con mortero tradicional y mortero no tradicional (mass a dundun) - Cajamarca – 2021*. Cajamarca, Perú.

Yang, Sh., Zhao, L., Qiao, Q., (2025). *In-plane seismic reinforcement of damaged masonry walls using steel components and polymer-modified cement mortar strips [Reforzamiento sísmico en el plano de muros de mampostería dañados mediante componentes de acero y tiras de mortero de cemento modificado con polímeros]*.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.142022>

ANEXOS

ANEXO A. PROCESAMIENTO DE DATOS

1. Ensayos Clasificatorios de Ladrillo

1.1. Variabilidad dimensional

Tabla 33

Resultados de variabilidad de ladrillo artesanal de arcilla

Especimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0
LA-01	209	210	210	209	209.50	117	118	118	117	117.50	75	76	76	74	75.25
LA-02	208	206	208	208	207.50	118	120	121	119	119.50	75	75	76	75	75.25
LA-03	208	209	211	209	209.25	115	116	118	118	116.75	77	77	75	75	76.00
LA-04	210	211	212	211	211.00	122	121	121	121	121.25	76	74	76	74	75.00
LA-05	208	208	207	208	207.75	119	119	118	117	118.25	74	73	75	75	74.25
LA-06	209	209	208	207	208.25	120	120	119	118	119.25	75	76	75	74	75.00
LA-07	207	209	209	207	208.00	117	118	118	116	117.25	76	75	75	73	74.75
LA-08	210	210	210	212	210.50	117	119	119	116	117.75	76	77	76	74	75.75
LA-09	207	209	209	209	208.50	118	118	118	116	117.50	75	76	74	74	74.75
LA-10	210	210	207	207	208.00	115	115	118	117	116.25	76	77	76	74	75.75
				L	210.00				L	120.00				L	80.00
				σ	1.20				σ	1.49				σ	0.54
					208.83					118.13					75.18
				%	0.56%				%	1.56%				%	6.03%
				CV	0.57%				CV	1.26%				CV	0.72%

Tabla 34*Resultados de variabilidad de ladrillo industrial de arcilla*

Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)						
	L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0		
LI-01	228	229	227	227	227.75	118	118	117	118	117.75	89	90	89	90	89.50		
LI-02	229	230	230	228	229.25	115	116	118	117	116.50	87	88	87	88	87.50		
LI-03	230	230	230	231	230.25	120	118	119	117	118.50	88	86	87	88	87.25		
LI-04	230	231	230	229	230.00	120	118	118	117	118.25	88	86	86	86	86.50		
LI-05	234	232	232	233	232.75	119	117	117	117	117.50	88	86	87	88	87.25		
LI-06	231	232	232	231	231.50	117	118	117	118	117.50	88	89	88	88	88.25		
LI-07	229	230	231	229	229.75	118	118	117	117	117.50	87	86	85	85	85.75		
LI-08	230	229	232	231	230.50	118	117	119	119	118.25	88	87	86	88	87.25		
LI-09	233	233	233	229	232.00	119	118	118	117	118.00	88	87	87	87	87.25		
LI-10	233	234	232	234	233.25	116	117	117	115	116.25	91	89	89	89	89.50		
				L	230.00					L	120.00					L	90.00
				σ	1.68					σ	0.74					σ	1.19
					230.70						117.60						87.60
				%	-0.30%					%	2.00%					%	2.67%
				CV	0.73%					CV	0.63%					CV	1.36%

1.2. Alabeo**Tabla 35***Resultados de alabeo de ladrillo artesanal de arcilla*

Especimen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
	(mm)		(mm)	
LA-01	0.0	2.5	2.5	0.0
LA-02	0.0	1.5	0.0	1.0
LA-03	1.5	0.0	0.0	2.0
LA-04	2.5	0.0	0.0	2.5
LA-05	1.0	0.0	2.0	0.0
LA-06	2.0	0.0	2.0	0.0
LA-07	0.0	1.0	0.0	2.5
LA-08	0.0	2.0	2.5	0.0
LA-09	2.5	0.0	1.0	0.0
LA-10	0.0	1.5	0.0	2.5
Promedio	Cóncavo		0.98	
	Convexo		0.95	

Tabla 36*Resultados de alabeo de ladrillo industrial de arcilla*

Especimen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
LA-01	1.0	0.0	1.5	0.0
LA-02	0.5	0.0	1.0	0.0
LA-03	0.0	0.0	0.0	1.5
LA-04	1.0	0.0	0.0	0.0
LA-05	1.5	0.0	0.0	1.0
LA-06	0.5	0.0	0.0	0.5
LA-07	0.0	1.5	0.0	1.0
LA-08	1.5	0.0	0.0	0.5
LA-09	0.0	1.0	0.0	1.0
LA-10	0.0	1.5	1.5	0.0
Promedio	Cóncavo	0.50		
	Convexo	0.48		

1.3. Compresión Simple**Tabla 37***Resultados de compresión simple de ladrillo artesanal*

Especimen	Largo (mm)		Ancho (mm)		Altura (mm)		Peso seco (gr)	Carga máx (Tn)	Carga máx (kN)	Área (m2)	f'b (Mpa)	f'b (kg/cm2)
	L1	L2	A1	A2	H1	H2						
LA-01	209	210	117	118	75	76	2895	20.00	196.13	0.025	7.97	81.25
LA-02	208	208	118	121	75	75	2966	23.00	225.55	0.025	9.07	92.53
LA-03	208	211	115	118	77	77	2938	24.00	235.36	0.024	9.64	98.33
LA-04	210	212	122	121	76	74	2884	18.50	181.42	0.026	7.08	72.16
LA-05	208	207	119	118	74	73	2756	18.00	176.52	0.025	7.18	73.20
LA-06	209	208	120	119	75	76	2986	20.50	201.04	0.025	8.07	82.28
LA-07	207	209	117	118	76	75	2869	22.50	220.65	0.024	9.03	92.06
LA-08	210	210	117	119	76	77	2871	20.00	196.13	0.025	7.91	80.71
LA-09	207	209	118	118	75	76	2854	19.50	191.23	0.025	7.79	79.45
LA-10	210	210	115	118	76	77	2843	18.50	181.42	0.024	7.42	75.62
										fb	8.12	82.76
										σ	0.86	8.80
										f'b	7.25	73.96
										cv	10.63%	10.63%

Tabla 38*Resultados de compresión simple de ladrillo industrial de arcilla*

Espécimen	Largo (mm)		Ancho (mm)		Altura (mm)		Peso seco (gr)	Carga Máx (Tn)	Carga máx (KN)	Area (m2)	f'b (Mpa)	f'b (kg/cm2)	
	L1	L2	A1	A2	H1	H2							
LI-01	228	229	118	118	117	118	2850	23.50	230.46	0.027	8.55	87.16	
LI-02	229	230	115	116	87	88	2787	22.00	215.75	0.027	8.14	83.00	
LI-03	230	230	120	118	88	86	2700	24.50	240.26	0.027	8.78	89.51	
LI-04	230	231	120	118	88	86	2702	24.50	240.26	0.027	8.76	89.32	
LI-05	234	232	119	117	88	86	2738	25.50	250.07	0.027	9.10	92.75	
LI-06	231	232	117	118	88	89	2707	23.00	225.55	0.027	8.29	84.55	
LI-07	229	230	118	118	87	86	2722	24.00	235.36	0.027	8.69	88.62	
LI-08	230	229	118	117	88	87	2659	25.00	245.17	0.027	9.09	92.71	
LI-09	233	233	119	118	88	87	2709	22.00	215.75	0.028	7.81	79.68	
LI-10	233	234	116	117	90	89	2649	23.00	225.55	0.027	8.29	84.55	
											fb	8.55	87.19
											σ	0.42	4.23
											f'b	8.13	82.95
											cv	4.85%	4.85%

2. Ensayos no Clasificatorios de Ladrillo

2.1. Succión

Tabla 39*Resultados de succión de ladrillo artesanal de arcilla*

Espécimen	Psec (gr)	Pusc (gr)	A (mm)	L (mm)	Área (cm2)	Succión (gr/200 cm2-min)
LA-01	2884.0	2964.0	117.50	209.50	246.16	65.00
LA-02	2955.0	3030.0	119.50	207.50	247.96	60.49
LA-03	2903.0	2965.0	116.75	209.25	244.30	50.76
LA-04	2875.0	2941.0	121.25	211.00	255.84	51.60
LA-05	2860.0	2930.0	118.25	207.75	245.66	56.99
LA-06	2975.0	3057.0	119.25	208.25	248.34	66.04
LA-07	2858.0	2960.0	117.25	208.00	243.88	83.65
LA-08	2859.0	2955.0	117.75	210.50	247.86	77.46
LA-09	2843.0	2923.0	117.50	208.50	244.99	65.31
LA-10	2850.0	2940.0	116.25	208.00	241.80	74.44
					Promedio	65.17
					σ	10.85
					CV	16.65%

Tabla 40*Resultados de succión de ladrillo industrial de arcilla*

Espécimen	Psec (gr)	Pusc(gr)	A (mm)	L (mm)	Área (cm2)	Succión (gr/200 cm2-min)
LI-01	2725.0	2785	118.00	233.00	274.94	43.65
LI-02	2776.0	2830	115.00	232.00	266.80	40.48
LI-03	2723.0	2788	115.00	232.00	266.80	48.73
LI-04	2693.0	2756	113.00	234.00	264.42	47.65
LI-05	2727.0	2777	119.00	232.00	276.08	36.22
LI-06	2696.0	2753	119.00	232.00	276.08	41.29
LI-07	2711.0	2772	118.00	229.00	270.22	45.15
LI-08	2699.0	2754	119.00	231.00	274.89	40.02
LI-09	2720.0	2775	119.00	232.00	276.08	39.84
LI-10	2725.0	2780	117.00	232.00	271.44	40.52
Promedio						42.35
σ						3.88
CV						9.16%

2.2. Absorción**Tabla 41***Resultados de absorción de ladrillo artesanal de arcilla*

Espécimen	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción (%)
LA-01	2895.0	3369.0	16.37
LA-02	2966.0	3448.0	16.25
LA-03	2938.0	3408.0	16.00
LA-04	2884.0	3364.0	16.64
LA-05	2756.0	3230.0	17.20
LA-06	2986.0	3476.0	16.41
LA-07	2869.0	3329.0	16.03
LA-08	2871.0	3342.0	16.41
LA-09	2854.0	3339.0	16.99
LA-10	2843.0	3283.0	15.48
Absorción			16.38%
σ			0.50
CV			3.03%

Tabla 42*Resultados de absorción de ladrillo industrial de arcilla*

Espécimen	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción (%)
LI-01	2850.0	3146.0	10.39
LI-02	2787.0	3149.0	12.99
LI-03	2700.0	3050.0	12.96
LI-04	2702.0	3050.0	12.88
LI-05	2738.0	3092.0	12.93
LI-06	2707.0	3055.0	12.86
LI-07	2722.0	3074.0	12.93
LI-08	2659.0	3013.0	13.31
LI-09	2709.0	3065.0	13.14
LI-10	2649.0	2996.0	13.10
Absorción			12.75%
σ			0.84
CV			6.60%

3. Ensayo de pilas de albañilería

3.1. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería

3.1.1. Resistencia a la compresión de pilas de ladrillo artesanal con diferentes tipos de curado

Tabla 43

Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal sin curado

SIN CURADO								
Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	P Máx (Tn)	P Máx (kN)	Área (mm ²)	f'm (Mpa)	f'm (kg/cm ²)
A-1	210.00	115.00	418.00	7.00	68.65	24150.00	2.84	28.99
A-2	209.00	117.00	425.00	6.50	63.74	24453.00	2.61	26.58
A-3	210.00	117.00	420.00	8.00	78.45	24570.00	3.19	32.56
A-4	207.00	117.00	423.00	5.50	53.94	24219.00	2.23	22.71
A-5	209.00	120.00	420.00	6.50	63.74	25080.00	2.54	25.92
Promedio	209.00	117.20	421.20	6.70	65.70	24494.40	2.68	27.35
σ	1.22	1.79	2.77	0.91	8.91	369.06	0.36	3.67
f'm (Característico)	207.78	115.41	418.43	5.79	56.80	24125.34	2.32	23.68
CV	0.59%	1.53%	0.66%	13.56%	13.56%	1.51%	13.43%	13.43%

Tabla 44

Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal curadas con Sika® Antisol®S

CURADO CON Sika® Antisol®S								
Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga Máx (Tn)	Carga Máx (kN)	Área (mm ²)	f'm (Mpa)	f'm (kg/cm ²)
B-1	207.00	115.00	420.00	6.50	63.74	23805.00	2.68	27.31
B-2	210.00	119.00	421.00	7.50	73.55	24990.00	2.94	30.01
B-3	210.00	118.00	419.00	8.50	83.36	24780.00	3.36	34.30
B-4	208.00	118.00	420.00	7.00	68.65	24544.00	2.80	28.52
B-5	209.00	118.00	425.00	7.00	68.65	24662.00	2.78	28.38
Promedio	208.80	117.60	421.00	7.30	71.59	24556.20	2.91	29.70
σ	1.30	1.52	2.35	0.76	7.44	451.09	0.27	2.74
f'm (Característico)	207.50	116.08	418.65	6.54	64.15	24105.11	2.64	26.96
CV	0.62%	1.29%	0.56%	10.39%	10.39%	1.84%	9.24%	9.24%

Tabla 45

Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal sumergidas en agua

SUMERGIDAS EN AGUA								
Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga Máx (Tn)	Carga Máx (kN)	Área (mm ²)	f'm (Mpa)	f'm (kg/cm ²)
C-1	207.00	118.00	419.00	9.00	88.26	24426.00	3.61	36.85
C-2	210.00	118.00	420.00	9.50	93.16	24780.00	3.76	38.34
C-3	210.00	119.00	420.00	10.50	102.97	24990.00	4.12	42.02
C-4	209.00	118.00	425.00	10.50	102.97	24662.00	4.18	42.58
C-5	208.00	118.00	417.00	9.00	88.26	24544.00	3.60	36.67
Promedio	208.80	118.20	420.20	9.70	95.12	24680.40	3.85	39.29
σ	1.30	0.45	2.95	0.76	7.44	217.62	0.28	2.83
f'm (Característico)	207.50	117.75	417.25	8.94	87.69	24462.78	3.58	36.46
CV	0.62%	0.38%	0.70%	7.82%	7.82%	0.88%	7.20%	7.20%

Tabla 46

Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal curadas con agua una vez al día

CURADAS 1 VEZ AL DÍA								
Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga Máx (Tn)	Carga Máx (kN)	Área (mm ²)	f'm (Mpa)	f'm (kg/cm ²)
D-1	208.00	117.00	422.00	7.00	68.65	24336.00	2.82	28.76
D-2	209.00	117.00	419.00	8.00	78.45	24453.00	3.21	32.72
D-3	212.00	116.00	420.00	6.50	63.74	24592.00	2.59	26.43
D-4	207.00	116.00	420.00	7.00	68.65	24012.00	2.86	29.15
D-5	207.00	118.00	425.00	8.50	83.36	24426.00	3.41	34.80
Promedio	208.60	116.80	421.20	7.40	72.57	24363.80	2.98	30.37
σ	2.07	0.84	2.39	0.82	8.06	217.05	0.33	3.34
f'm (Característico)	206.53	115.96	418.81	6.58	64.51	24146.75	2.65	27.03
CV	0.99%	0.72%	0.57%	11.10%	11.10%	0.89%	11.01%	11.01%

Tabla 47

Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal curadas con agua tres veces al día

CURADAS 3 VECES AL DÍA								
Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga Máx (Tn)	Carga Máx (kN)	Área (mm ²)	f'm (Mpa)	f'm (kg/cm ²)
E-1	210.00	117.00	420.00	7.00	68.65	24570.00	2.79	28.49
E-2	210.00	117.00	424.00	7.00	68.65	24570.00	2.79	28.49
E-3	209.00	116.00	421.00	7.50	73.55	24244.00	3.03	30.94
E-4	207.00	115.00	431.00	7.00	68.65	23805.00	2.88	29.41
E-5	209.00	117.00	420.00	7.50	73.55	24453.00	3.01	30.67
Promedio	209.00	116.40	423.20	7.20	70.61	24328.40	2.90	29.60
σ	1.22	0.89	4.66	0.27	2.69	321.46	0.11	1.17
f'm (Característico)	207.78	115.51	418.54	6.93	67.92	24006.94	2.79	28.43
CV	0.59%	0.77%	1.10%	3.80%	3.80%	1.32%	3.94%	3.94%

3.1.2. Resistencia a la Compresión de Ladrillo Industrial con diferentes tipos de curado

Tabla 48

Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial sin curado

SIN CURADO								
Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga Máx (Tn)	Carga Máx (kN)	Área (mm ²)	f'm (Mpa)	f'm (kg/cm ²)
A-1	232.00	122.00	477.00	23.50	230.46	28304.00	8.14	83.03
A-2	233.00	120.00	480.00	24.50	240.26	27960.00	8.59	87.63
A-3	232.00	120.00	480.00	28.50	279.49	27840.00	10.04	102.37
A-4	235.00	119.00	484.00	25.00	245.17	27965.00	8.77	89.40
A-5	232.00	123.00	485.00	27.00	264.78	28536.00	9.28	94.62
Promedio	232.80	120.80	481.20	25.70	252.03	28121.00	8.96	91.41
σ	1.30	1.64	3.27	2.02	19.80	289.37	0.73	7.40
f'm (Característico)	231.50	119.16	477.93	23.68	232.23	27831.63	8.24	84.01
CV	0.56%	1.36%	0.68%	7.85%	7.85%	1.03%	8.10%	8.10%

Tabla 49

Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial curadas con Sika® Antisol®S

CURADO CON Sika® Antisol®S								
Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga Máx (Tn)	Carga Máx (kN)	Área (mm ²)	f'm (Mpa)	f'm (kg/cm ²)
B-2	232.00	122.00	481.00	21.50	210.84	28304.00	7.45	75.96
B-3	235.00	124.00	481.00	22.50	220.65	29140.00	7.57	77.21
B-4	232.00	119.00	479.00	24.00	235.36	27608.00	8.53	86.93
B-5	232.00	117.00	478.00	24.50	240.26	27144.00	8.85	90.26
B-6	234.00	119.00	482.00	21.00	205.94	27846.00	7.40	75.41
Promedio	233.00	120.20	480.20	22.70	222.61	28008.40	7.96	81.16
σ	1.41	2.77	1.64	1.52	14.95	758.58	0.68	6.92
f'm (Característico)	231.59	117.43	478.56	21.18	207.66	27249.82	7.28	74.23
CV	0.61%	2.31%	0.34%	6.72%	6.72%	2.71%	8.53%	8.53%

Tabla 50

Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial sumergidas en agua

SUMERGIDAS EN AGUA								
Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga Máx (Tn)	Carga Máx (kN)	Área (mm ²)	f'm (Mpa)	f'm (kg/cm ²)
C-1	231.00	119.00	485.00	20.50	201.04	27489.00	7.31	74.58
C-2	233.00	119.00	487.00	19.50	191.23	27727.00	6.90	70.33
C-3	234.00	122.00	483.00	19.00	186.33	28548.00	6.53	66.55
C-4	229.00	125.00	483.00	20.00	196.13	28625.00	6.85	69.87
C-5	235.00	117.00	482.00	18.50	181.42	27495.00	6.60	67.28
Promedio	232.40	120.40	484.00	19.50	191.23	27976.80	6.84	69.72
σ	2.41	3.13	2.00	0.79	7.75	565.45	0.31	3.16
f'm (Característico)	229.99	117.27	482.00	18.71	183.48	27411.35	6.53	66.56
CV	1.04%	2.60%	0.41%	4.05%	4.05%	2.02%	4.53%	4.53%

Tabla 51

Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial curadas con agua 1 vez al día

CURADAS 1 VEZ AL DÍA								
Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga Máx (Tn)	Carga Máx (kN)	Área (mm ²)	f'm (Mpa)	f'm (kg/cm ²)
D-1	234.00	119.00	484.00	19.50	191.23	27846.00	6.87	70.03
D-2	233.00	123.00	482.00	22.50	220.65	28659.00	7.70	78.51
D-3	231.00	118.00	480.50	23.00	225.55	27258.00	8.27	84.38
D-4	230.00	120.00	480.70	28.00	274.59	27600.00	9.95	101.45
D-5	234.00	119.00	480.40	19.00	186.33	27846.00	6.69	68.23
Promedio	232.40	119.80	481.52	22.40	219.67	27841.80	7.90	80.52
σ	1.82	1.92	1.53	3.60	35.26	516.51	1.31	13.40
f'm (Característico)	230.58	117.88	479.99	18.80	184.41	27325.29	6.58	67.12
CV	0.78%	1.61%	0.32%	16.05%	16.05%	1.86%	16.64%	16.64%

Tabla 52

Resultados de la resistencia a compresión de pilas de ladrillo industrial curadas con agua 3 veces al día

CURADAS 3 VECES AL DÍA								
Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga Máx (Tn)	Carga Máx (kN)	Área (mm ²)	f'm (Mpa)	f'm (kg/cm ²)
E-1	232.00	117.00	482.00	27.00	264.78	27144.00	9.75	99.47
E-2	230.00	118.00	484.00	25.00	245.17	27140.00	9.03	92.11
E-3	233.00	120.00	484.00	28.00	274.59	27960.00	9.82	100.14
E-4	231.00	118.00	485.00	24.00	235.36	27258.00	8.63	88.05
E-5	233.00	122.00	487.00	25.50	250.07	28426.00	8.80	89.71
Promedio	231.80	119.00	484.40	25.90	253.99	27585.60	9.21	93.90
σ	1.30	2.00	1.82	1.60	15.66	580.37	0.55	5.59
f'm (Característico)	230.50	117.00	482.58	24.30	238.33	27005.23	8.66	88.31
CV	0.56%	1.68%	0.38%	6.17%	6.17%	2.10%	5.95%	5.95%

ANEXO B. PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 14

Ensayo de alabeo a las unidades de ladrillo industrial de arcilla



Figura 15

Ensayo de succión a las unidades de ladrillo artesanal de arcilla



Figura 16

Ensayo a compresión de unidades de ladrillo artesanal en presencia del Ing. Miguel Mosqueira Moreno



Figura 17

Ensayo a compresión de unidades de ladrillo artesanal de arcilla



Figura 18

Ensayo a compresión de unidades de ladrillo industrial de arcilla



Figura 19

Realizando el curado con agua a las pilas de ladrillos industriales y artesanales de arcilla en el laboratorio de materiales



Figura 20

Traslado de las pilas de ladrillo industrial de arcilla al laboratorio



Figura 21

Ensayo a la compresión de pilas de ladrillo industrial de arcilla



Figura 22

Ensayo a la compresión de pilas de ladrillo artesanal de arcilla



Figura 23

Ensayo a la compresión de pilas de ladrillo industrial de arcilla



ANEXO C. VARIOS

Anexo 1

Constancia de laboratorio de ensayo de materiales



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

CONSTANCIA

A nombre del Ing(a). RUTH MERY MALAVER AGUILAR, Exalumno(a) de la Escuela de Posgrado – Maestría en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, con la cual se da constancia que se han realizado las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo análisis granulométrico de agregado fino
02	Ensayo de absorción en unidades de albañilería
03	Ensayo succión en unidades de albañilería
04	Ensayo de alabeo en unidades de albañilería
05	Ensayo de variación dimensional en unidades de albañilería
06	Curado de pilas de albañilería
07	Ensayo a compresión en unidades de albañilería
08	Ensayo a compresión en pilas de albañilería

Para la Tesis Titulada: **“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PILAS FABRICADOS CON LADRILLO INDUSTRIAL Y ARTESANAL DE ARCILLA EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, CURADO CON AGUA Y OTROS TIPOS DE CURADOS”.**

Las actividades se desarrollaron del 04 de marzo al 19 de julio de 2024.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 26 de mayo de 2025.

Atentamente:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Cacerón Vargas
JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

c.c. a:
_Archivo

Anexo 2

Ficha técnica de ladrillo King Kong 18 H. SIPÁN

FORTES
Ladrillo King Kong 18H Sipan Fortes
Especificaciones

Tipo de bloque	Ladrillo
Detalle de la garantía	Por defecto de fábrica
Material	ARCILLA
Marca	Fortes
Resistencia a la compresión	Categoría 1
Color	ANARANJADO
Número de piezas	1
Alto	9
Ancho	12
Largo	23
Alto producto empacado	117 cm
Ancho producto empacado	96 cm
Largo producto empacado	115 cm
Peso producto empacado	0.002 kg



Anexo 3

Ficha técnica de curado Sika® Antisol® S



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sika® Antisol® S

Agente de curado de concreto

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Antisol® S es un agente de curado líquido aplicado con aerosol y listo para usar para prevenir la pérdida de agua de la superficie del concreto recién colocado. Forma un sello microcristalino en los poros del concreto que reduce la tasa de evaporación de la humedad de la mezcla de concreto. La adhesión de los tratamientos posteriores a la superficie del hormigón no se ve afectada.

USOS

- Edificios
- Industrias manufactureras
- Hangares y áreas de carga
- Muro de contención
- Estructuras pretensadas
- Canales de irrigación
- Estructuras de ingeniería civil

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Generalmente mejora la apariencia de la superficie.
- Reduce el agrietamiento
- Ayuda a alcanzar las fortalezas requeridas.
- Reduce el encogimiento
- Controla la hidratación del cemento.
- Reduce la formación de polvo.
- Permeabilidad del hormigón reducida.
- Alivia otros costosos métodos de curado.
- La adhesión de los tratamientos posteriores a la superficie del hormigón no se ve afectada.

CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con la Norma U.N.I. 8658 bajo la clase tipo 1.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	• Envase plástico x 1gal • Balde x 18 L • Cilindro x 200 L
Apariencia / Color	Líquido transparente
Vida Útil	24 meses desde la fecha de producción.
Condiciones de Almacenamiento	Sika® Antisol® S puede ser almacenado en un sitio libre de congelamiento a temperaturas sobre los +3 °C
Densidad	~1,11±0,01 kg/l

Hoja De Datos Del Producto
Sika® Antisol® S
Junio 2023, Versión 01-03
021423031000000008

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Consumo	0,20 L/m ²
Rendimiento	• Envase x 1gal rinde 19 m². • Balde x18 l rinde 90 m². • Cilindro x200L rinde 1,000 m².
Equipo	Aplicación • Mochila tipo mano o pulverizadores motorizados que garantice una aspersión uniforme. • La idoneidad del equipo debe ser aprobada antes de usar para una aplicación completa.

NOTAS

Cualquier duda o consulta favor de contactar con el servicio técnico de Sika.

LIMITACIONES

- Se recomienda que Sika® Antisol® S se aplique lo antes posible después de que la superficie de concreto esté lista para recibir el compuesto de curado.
- Después de la aplicación, protéjase de la luz solar directa, el viento seco intenso o la lluvia durante al menos 2 a 3 horas, dependiendo de las condiciones ambientales.
- Cuando se requiere una superficie resistente a la abrasión altamente duradera, es decir, en condiciones de exposición severa, aplique una capa adicional de Sika® Antisol® S después de 3 días. Los sistemas de revestimiento posteriores se pueden aplicar después de 7 días.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

CALIDAD DEL SUSTRATO PRE-TRATAMIENTO

La superficie de concreto debe estar libre de agua superficial. La evaporación de la superficie del agua puede tomar de 30 minutos a 2 horas, dependiendo de la temperatura y la relación agua / cemento.

APLICACIÓN

Superficies Verticales luego de remover el encofrado, humedezca el concreto con agua, luego cuando esté húmedo con la superficie seca rocíe el producto cubriendo uniformemente la superficie de concreto.

Superficies Horizontales coloque el producto en una niebla fina para cubrir completamente la superficie de concreto. Mantenga la presión en el equipo de aplicación para garantizar una aspersión uniforme.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.