



UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

Facultad de Ingeniería

Escuela profesional de Ingeniería Civil

TESIS

**ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL
LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024**

PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

GONZALES AVILA, Geraldinn Patricia

BARRANCA – PERÚ

2025

CONTRACARÁTULA




Dr. Kevin Arturo Ascoy Flores

PRESIDENTE



Mg. Pablo Adrian Pezo Morales

MIEMBRO



Mg. Roman Aguirre Ortiz

MIEMBRO



Mg. Leo Avelino La Borda Dueñas Tovar

ASESOR

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA



Barranca, 21 de mayo de 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los integrantes del Jurado Evaluador

Presidente: Dr. KEVIN ARTURO ASCOY FLORES
Miembro : Mg. PABLO ADRIAN PEZO MORALES
Miembro : Mg. ROMAN AGUIRRE ORTIZ
Asesor : Mg. LEO AVELINO LA BORDA DUEÑAS TOVAR

Se reúnen para evaluar la sustentación de la tesis titulada:

“ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024”

Presentado por la graduada:

Gonzales Avila Geraldinn Patricia

Para optar el Título Profesional de INGENIERO CIVIL


Luego de haber evaluado la sustentación de la tesis, concluye en calificar a:

Gonzales Avila Geraldinn Patricia			Nota: 15	
Sobresaliente ()	Muy bueno ()	Bueno (X)	Regular ()	Desaprobado ()

Los miembros del Jurado Evaluador firman en señal de conformidad



Presidente



Miembro



Miembro



Asesor

RESUMEN DEL REPORTE DE SIMILITUD DEL TURNITIN

TESIS MUCILAGO DE NOPAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	17%	6%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unab.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to usach Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
11	Marilyn Del Rosario Huamán Changa, Talia Mayra Rodríguez Gozar, David Díaz Garamendi. "Comparación de propiedades físicas y mecánicas del hormigón tradicional y	<1%

DEDICATORIA

A mi padres, Raúl y Lola, por ser mi mayor ejemplo de perseverancia y esfuerzo. Este logro es fruto del sacrificio y amor incondicional que siempre me han brindado y a toda nuestra familia.

A mis hermanos Jennifer, Jhonny y Raúl, por su cariño constante y aliento en los momentos difíciles.

A mi hija Elena, por ser la inspiración de mi vida y por enseñarme que los retos se deben abrazar con amor y verlos como una oportunidad de crecimiento.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme alcanzar mis sueños junto con las personas que más amo y por sus bendiciones día a día.

A mi familia, con mucho cariño, por creer siempre en mí, por su apoyo en todo momento y por haberme formado con valores y principios que hoy guían cada uno de mis pasos.

A mi esposo, por su apoyo incondicional, por impulsarme a luchar por mis metas, y acompañarme durante todo este proceso de la investigación.

A la Universidad Nacional de Barranca y a los docentes, por su valiosa contribución en mi formación académica, por brindarme los conocimientos para llevar a cabo esta investigación, y por las herramientas necesarias para mi crecimiento profesional.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Geraldinn Patricia Gonzales Avila, identificada con DNI N°77128418, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y autora de la tesis titulada: **“ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024”**, para obtener el grado académico de Ingeniero civil, declaro lo siguiente:

- La presente investigación es de mi autoría.
- Esta investigación es un tema original el cual no ha sido presentado con anterioridad para la obtención del grado académico.
- Se ha citado cada una de las fuentes utilizada en la presente investigación, teniendo en cuenta su propiedad intelectual de los autores.
- Los datos de resultados presentado son reales, el cual no han sido duplicados, ni copiados, ni adulterado.

En caso de no cumplir con esta declaración, me someto a lo estipulado en el reglamento de la Universidad Nacional de Barranca.

Barranca, 29 de mayo del 2025.



.....
Geraldinn Patricia Gonzales Avila
DNI: 77128418

ÍNDICE

I.	INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1.	Título del proyecto.....	1
1.2.	Autor	1
1.3.	Asesor	1
1.4.	Tipo de investigación.....	1
1.5.	Programa y línea de investigación	1
1.6.	Duración de proyecto.....	1
1.7.	Localización del proyecto	1
II.	RESUMEN	2
III.	ABSTRACT.....	3
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	4
4.1.	Situación del problema	4
4.2.	Formulación del problema	5
4.2.1.	Problema general	5
4.2.2.	Problema específico.....	5
V.	JUSTIFICACIÓN	7
5.1.	Justificación teórica	7
5.2.	Justificación social.....	7
5.3.	Justificación económica.....	7
5.4.	Justificación científica	8
5.5.	Justificación tecnológica.....	8
5.6.	Justificación ambiental.....	8
VI.	ANTECEDENTES Y/O ESTADO DEL ARTE.....	10
6.1.	Antecedentes	10

6.1.1.	Antecedentes internacionales.....	10
6.1.2.	Antecedentes nacionales	12
6.2.	Estado de Arte.....	15
6.2.1.	Nopal (Opuntia ficus - Indica).....	15
6.2.2.	El ladrillo	17
VII.	HIPÓTESIS Y VARIABLE DE ESTUDIO	21
7.1.	Hipótesis	21
7.1.1.	Hipótesis general.....	21
7.1.2.	Hipótesis específicas.....	21
7.2.	Variable de estudio	21
7.2.1.	Variable independiente (VI)	21
7.2.2.	Variable dependiente (VD).....	22
7.3.	Operacionalización de las variables.....	22
VIII.	OBJETIVOS	23
8.1.	Objetivo general.....	23
8.2.	Objetivos específicos	23
IX.	METODOLOGÍA	24
9.1.	Tipo de investigación.....	24
9.2.	Enfoque de investigación.....	24
9.3.	Diseño de investigación	24
9.4.	Población y muestra de la investigación.....	25
9.4.1.	Población.....	25
9.4.2.	Muestra	25
9.4.3.	Muestreo	26
9.4.4.	Unidad de análisis	27
9.4.5.	Criterios de selección.....	27
9.5.	Técnica e instrumento de investigación.....	27

9.5.1.	Técnicas de investigación	27
9.5.2.	Instrumento de investigación	28
9.6.	Materiales, herramientas y Equipos	28
9.6.1.	Ensayo de viscosidad de MN	28
9.6.2.	Extracción de pencas de nopal	28
9.6.3.	Extracción de mucílago de pencas de nopal	29
9.6.4.	Preparación de los ladrillos artesanales	29
9.6.5.	Ensayo de variación dimensional.....	29
9.6.6.	Ensayo de Alabeo	30
9.6.7.	Ensayo de succión.....	30
9.6.8.	Ensayo de absorción	31
9.6.9.	Ensayo de RCS	31
9.6.10.	Construcción de pilas de albañilería	32
9.6.11.	Ensayo de RCP	32
9.7.	Procedimiento de recolección de datos.....	33
9.7.1.	Ensayo de viscosidad de MN.....	33
9.7.2.	Extracción de pencas de nopal.....	36
9.7.3.	Extracción de mucílago de pencas de nopal	37
9.7.4.	Preparación de los Ladrillos Artesanales.....	40
9.7.5.	Ensayo de variación dimensional.....	43
9.7.6.	Ensayo de alabeo.....	44
9.7.7.	Ensayo de succión.....	45
9.7.8.	Ensayo de absorción	48
9.7.9.	Ensayo de RCS	50
9.7.10.	Construcción de pilas de albañilería	52
9.7.11.	Ensayo de RCP	55
9.8.	Técnicas para el procesamiento de información.....	57

9.9.	Presentación de resultados	58
X.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	59
XI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
11.1.	Resultados	60
11.1.1.	Ensayo de viscosidad de MN.....	60
11.1.2.	Determinación de la incidencia de la introducción de MN en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla.....	64
11.1.3.	Determinación de la incidencia de la inclusión de MN en el alabeo del ladrillo artesanal de arcilla.....	68
11.1.4.	Determinación de la implicancia que tiene la inclusión de MN en la succión del ladrillo de arcilla	72
11.1.5.	Determinación del efecto que causa la adición de MN en la absorción del ladrillo artesanal de arcilla.....	74
11.1.6.	Determinación del efecto provoca la adición de MN en la RCS del ladrillo artesanal de arcilla.....	77
11.1.7.	Determinación de la incidencia que provoca la adición de MN en la RCP del ladrillo artesanal de arcilla	79
11.1.8.	Análisis económico	82
11.1.9.	Resultados de la prueba de hipótesis	85
11.2.	Discusión.....	113
XII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
XIII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	120
XIV.	ANEXOS	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Nopal	15
Figura 2 Peso del MN mediante la balanza electrónica.....	34
Figura 3 Medición de la canica para el ensayo de viscosidad	34
Figura 4 Medición de altura de probeta para el ensayo de viscosidad	35
Figura 5 Cálculo del tiempo en recorrer la canica en el MN	35
Figura 6 Identificación de tuneras con mayor concentración de pencas jóvenes	36
Figura 7 Extracción de pencas de nopal con machete o segadora	37
Figura 8 Eliminación de espinas de los nopales	38
Figura 9 Lavado y picado de las pencas de nopal.....	38
Figura 10 Mezcla del nopal picado con agua en proporción 1:1	39
Figura 11 Obtención y almacenamiento del MN.....	39
Figura 12 Mezcla de arcilla y MN en diferentes dosificaciones.....	40
Figura 13 Labrado y secado de las unidades de albañilería.....	41
Figura 14 Enumeración, cocci3n y retiro de los ladrillos del horno.....	42
Figura 15 Selección y medici3n de unidades con MN	43
Figura 16 Cálculo de dimensiones de los especímenes evaluados	44
Figura 17 Medici3n de la curvatura en superficies cóncavas del ladrillo.....	44
Figura 18 Medici3n del alabeo en superficies convexas del ladrillo	45
Figura 19 Secado de ladrillos en estufa	46
Figura 20 Pesaje de ladrillos tras enfriamiento a temperatura ambiente	46
Figura 21 Medici3n de dimensiones y preparaci3n de la bandeja con agua.....	47
Figura 22 Colocaci3n de la unidad de ladrillo en la bandeja con agua	47
Figura 23 Secado y pesaje final del ladrillo para determinar la absorci3n de agua.....	48
Figura 24 Secado y pesaje de ladrillos hasta alcanzar peso constante.....	49
Figura 25 Inmersi3n, secado superficial y pesaje final de los ladrillos	49
Figura 26 Medici3n de dimensiones y refrentado del ladrillo	50
Figura 27 Ensayo de compresi3n y aplicaci3n de carga.....	51
Figura 28 Modos de falla en los ladrillos tras el ensayo de compresi3n	51
Figura 29 Selecci3n y limpieza de ladrillos para mejor adherencia	52
Figura 30 Remojo de los ladrillos antes de la construcci3n para mejorar la adherencia con el mortero.....	53
Figura 31 Mezcla de cemento y arena fina en una medida de 1 parte de cemento por cada 4 partes de arena para hacer el mortero	54

Figura 32	Construcción de pilas de ladrillos verificando verticalidad y espesor del mortero	54
Figura 33	Control de verticalidad en los cuatro lados de la pila.....	55
Figura 34	Curado de las pilas durante siete días y aplicación de refrentado con yeso y cemento	55
Figura 35	Medición de dimensiones del prisma y preparación para la prueba de compresión	56
Figura 36	Aplicación de carga axial y observación del fallo en los pilotes.....	56
Figura 37	Ensayo de viscosidad del MN en función del tiempo	63
Figura 38	Variación dimensional en la longitud de ladrillos de arcilla con diferentes porcentajes de MN	66
Figura 39	Variación dimensional del ancho en ladrillos de arcilla con distintos porcentajes de MN	67
Figura 40	Variación dimensional de la altura en ladrillos de arcilla con distintos porcentajes de MN	68
Figura 41	Alabeo en ladrillos artesanales de arcilla con distintos porcentajes de MN	71
Figura 42	Incidencia del MN en la succión de agua de ladrillos artesanales de arcilla tipo I	74
Figura 43	Efecto del MN en la absorción de agua de ladrillos artesanales de arcilla tipo I...	76
Figura 44	Modificación de la RCS de ladrillos de arcilla tipo I en función del contenido de MN	78
Figura 45	RCP de ladrillos de arcilla con diferentes porcentajes de MN.....	81
Figura 46	Costo unitario por millar de ladrillos	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clases de unidad de albañilería con propósito estructural.....	19
Tabla 2	Matriz operacional de la variable independiente.	22
Tabla 3	Matriz operacional de la variable dependiente.	22
Tabla 4	Cantidad de muestras para las propiedades físicas.	26
Tabla 5	Cantidad de muestras para las propiedades mecánicas.....	26
Tabla 6	Materiales usados en la elaboración de 01 ladrillo artesanal para los diferentes porcentajes de MN.	41
Tabla 7	Hallazgos del ensayo de viscosidad de MN de la muestra N°01.....	60
Tabla 8	Hallazgos del ensayo de viscosidad de MN de la muestra N°02.....	61
Tabla 9	Hallazgos del ensayo de viscosidad de MN de la muestra N°03.....	62
Tabla 10	Promedio del ensayo de viscosidad de MN.	63
Tabla 11	Resultados de la variación dimensional del ladrillo con 0% de MN.	64
Tabla 12	Resultados de la variación dimensional del ladrillo con 25% de MN.	64
Tabla 13	Resultados de la variación dimensional del ladrillo con 50% de MN.	65
Tabla 14	Resultados de la variación dimensional del ladrillo con 75% de MN.	65
Tabla 15	Resultados de la variación dimensional del ladrillo con 100% de MN.	66
Tabla 16	Resultados del alabeo del ladrillo con 0% de MN.	69
Tabla 17	Resultados del alabeo del ladrillo con 25% de MN.	69
Tabla 18	Resultados del alabeo del ladrillo con 50% de MN.	70
Tabla 19	Resultados del alabeo del ladrillo con 75% de MN.	70
Tabla 20	Resultados del alabeo del ladrillo con 100% de MN.	71
Tabla 21	Resultados de la succión del ladrillo con 0% de MN.	72
Tabla 22	Resultados de la succión del ladrillo con 25% de MN.	72
Tabla 23	Resultados de la succión del ladrillo con 50% de MN.	73
Tabla 24	Resultados de la succión del ladrillo con 75% de MN.	73
Tabla 25	Resultados de la succión del ladrillo con 100% de MN.	73
Tabla 26	Resultados de la absorción del ladrillo con 0% de MN.	75
Tabla 27	Resultados de la absorción del ladrillo con 25% de MN.	75
Tabla 28	Resultados de la absorción del ladrillo con 50% de MN.	75
Tabla 29	Resultados de la absorción del ladrillo con 75% de MN.	75
Tabla 30	Resultados de la absorción del ladrillo con 100% de MN.	76
Tabla 31	Resultados de la RCS del ladrillo con 0% de MN.	77
Tabla 32	Resultados de la RCS del ladrillo con 25% de MN.	77

Tabla 33 Resultados de la RCS del ladrillo con 50% de MN.	77
Tabla 34 Resultados de la RCS del ladrillo con 75% de MN.	78
Tabla 35 Resultados de la RCS del ladrillo con 100% de MN.	78
Tabla 36 Resultados de la RCP del ladrillo con 0% de MN.	79
Tabla 37 Resultados de la RCP del ladrillo con 25% de MN.	80
Tabla 38 Resultados de la RCP del ladrillo con 50% de MN.	80
Tabla 39 Resultados de la RCP del ladrillo con 75% de MN.	80
Tabla 40 Resultados de la RCP del ladrillo con 100% de MN.	81
Tabla 41 Costos de obtención del MN.	82
Tabla 42 Costos de fabricación de ladrillo King Kong (Patrón).	82
Tabla 43 Costos de fabricación de ladrillo King Kong con 25% de MN.	83
Tabla 44 Costos de fabricación de ladrillo King Kong con 50% de MN.	83
Tabla 45 Costos de fabricación de ladrillo King Kong con 75% de MN.	84
Tabla 46 Costos de fabricación de ladrillo King Kong con 100% de MN.	84
Tabla 47 Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo variación dimensional.	86
Tabla 48 Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del ensayo variación dimensional.	87
Tabla 49 ANOVA unifactorial aplicado a la variación dimensional del ancho en ladrillos de arcilla con distintos porcentajes de MN.	88
Tabla 50 Prueba de Tukey para los valores del ensayo variación dimensional del ancho en ladrillos de arcilla con distintas cantidades de MN.	89
Tabla 51 Comparación de medias con prueba T de Dunnett (control: 0% mucílago).	89
Tabla 52 Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo alabeo.	91
Tabla 53 Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del alabeo.	91
Tabla 54 Prueba de Kruskal-Wallis a los hallazgos del ensayo alabeo en ladrillos de arcilla con diferentes porcentajes de MN.	92
Tabla 55 Comparaciones múltiples mediante el método de Bonferroni para los datos reportados del ensayo de alabeo.	93
Tabla 56 Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo succión de agua.	95
Tabla 57 Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del ensayo succión de agua.	96

Tabla 58 Prueba de Kruskal-Wallis a los valores del ensayo de succión de agua de ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de MN	97
Tabla 59 —Comparaciones múltiples mediante el método de Bonferroni para los datos reportados del ensayo de succión de agua	98
Tabla 60 Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo de absorción de ladrillos	100
Tabla 61 Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del ensayo de absorción de ladrillos	100
Tabla 62 Prueba de Kruskal-Wallis a los resultados del ensayo de absorción en ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de MN	101
Tabla 63 Comparaciones múltiples mediante el método de Bonferroni para los datos reportados del ensayo de absorción	102
Tabla 64 Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo de resistencia a la compresión simple	104
Tabla 65 Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del ensayo de resistencia a la compresión simple.....	105
Tabla 66 Prueba de Kruskal-Wallis a los resultados del ensayo de resistencia a la compresión simple.....	106
Tabla 67 Comparaciones múltiples mediante el método de Bonferroni para los datos del ensayo de resistencia a la compresión simple.....	107
Tabla 68 Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo de resistencia a la compresión en pilas.....	109
Tabla 69 Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del ensayo de resistencia a la compresión en pilas	110
Tabla 70 Prueba de ANOVA de un factor a los resultados del ensayo de resistencia a la compresión en pilas.....	110
Tabla 71 Prueba de Tukey para los datos del ensayo de resistencia a la compresión en pilas	111

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título del proyecto

Adición de mucílago de nopal en las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

1.2. Autor

Gonzales Avila, Geraldinn Patricia

1.3. Asesor

Mg. Leo Avelino La Borda Dueñas Tovar

1.4. Tipo de investigación

El tipo de investigación de este proyecto será aplicada.

1.5. Programa y línea de investigación

Ingeniería de construcción sostenible - Tecnología e innovación de materiales de construcción

1.6. Duración de proyecto

6 meses

1.7. Localización del proyecto

Distrito: Barranca

Provincia: Barranca

Departamento: Lima

II. RESUMEN

El análisis tuvo como fin de evaluar cómo la inclusión de mucílago de nopal (MN) afecta las propiedades de los ladrillos artesanales de arcilla en Barranca, 2024. La indagación fue de tipo aplicado, con un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental. Se elaboraron 200 ladrillos con diferentes proporciones de mucílago (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) y se evaluaron sus propiedades físicas y mecánicas siguiendo la Itintec 331.019 y las NTP respectivas. Los resultados indicaron que la variación dimensional se mantuvo dentro de los límites normativos, y el alabeo disminuyó con el aumento del mucílago, mejorando la estabilidad dimensional. La succión de agua mostró una reducción con 50% de mucílago, pero en concentraciones mayores, el efecto se revirtió. En cuanto a la absorción, todas las muestras cumplieron con la normativa, siendo 50% la proporción óptima. La resistencia a la compresión simple y en pilas aumentó hasta 50% de mucílago, alcanzando valores superiores a los mínimos requeridos; sin embargo, concentraciones mayores redujeron la cohesión y resistencia del material. Se concluyó que el MN, es un potencial aditivo natural que mejora ciertas cualidades del ladrillo en concentraciones moderadas, pero en exceso compromete su desempeño estructural, resaltando la necesidad de optimizar su incorporación.

Palabra claves: Ladrillo, arcilla, mucílago de nopal, propiedades físico-mecánicas.

III.ABSTRACT

The analysis aimed to evaluate how the inclusion of prickly pear mucilage (MN) affects the properties of handmade clay bricks in Barranca, 2024. The research was applied in nature, with a quantitative approach and a quasi-experimental design. A total of 200 bricks were produced with different mucilage proportions (0%, 25%, 50%, 75%, and 100%), and their physical and mechanical properties were assessed following Itintec 331.019 and the respective NTP standards. The results indicated that dimensional variation remained within regulatory limits, and warping decreased with increased mucilage content, improving dimensional stability. Water suction was reduced with 50% mucilage, but at higher concentrations, the effect was reversed. Regarding absorption, all samples met the standards, with 50% being the optimal proportion. Simple and stack compression strength increased up to 50% mucilage, reaching values above the minimum requirements; however, higher concentrations reduced the material's cohesion and strength. It was concluded that MN enhances certain brick properties at moderate concentrations, but excessive amounts compromise its structural performance, highlighting the need to optimize its incorporation.

Keywords: Brick, clay, prickly pear mucilage, physical-mechanical properties.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

4.1. Situación del problema

El aumento en la solicitud de ladrillos hechos a mano de arcilla para la edificación ha motivado la exploración de opciones ecológicas que mejoren sus características sin poner en riesgo su fuerza mecánica o estabilidad física (Ramos, 2021). Investigaciones previas han demostrado que la inclusión de materiales orgánicos en la realización de ladrillos puede potenciar su eficiencia térmica y reducir su peso, aunque con posibles efectos en la resistencia a la compresión (Srisuwan & Phonphuak, 2020). Frente a esta situación desafiante, el mucílago de nopal (MN), un polímero natural con propiedades viscoelásticas y gran capacidad de retención de líquidos ha mostrado su eficacia en distintos usos, como agente estabilizante en el sector alimentario y de belleza, además de en la alteración de materiales a base de cemento. (Guadarrama-Lezama et al., 2021; (Díaz-Blanco et al., 2019). Su comportamiento reológico, caracterizado por una viscosidad dependiente de la edad del cladodio y su interacción con cationes como el calcio, sugiere su potencial como aditivo en la creación de ladrillos de arcilla, con el fin de mejorar su plasticidad y aminorar la absorción de agua (Solano et al., 2022). Además, estudios recientes han evaluado su aplicación como espesante en lubricantes ecológicos y plastificante en polímeros biodegradables, destacando su capacidad para modificar la estructura y cohesión de los materiales en los que se incorpora (Farfan-Cabrera et al., 2024); Andreuccetti et al., 2021).

En Perú, muchas viviendas se edifican sin el conocimiento técnico, estructural o de calidad necesario, lo que conlleva al uso de materiales deficientes, como ladrillos de baja resistencia, cerámica inadecuada para áreas de alto tránsito o pintura poco resistente a la humedad. Estas deficiencias comprometen la estabilidad de las edificaciones y reducen la vida útil de sus acabados, afectando su seguridad y durabilidad (Ybáñez, 2023). Según Cubas (2017), la mayoría de las viviendas en el país emplean unidades de albañilería, muchas de ellas elaboradas artesanalmente en las propias regiones. No obstante, una considerable proporción de estas ladrilleras no satisface los criterios de calidad mínimos estipulados en el RNE, precisamente en la normativa E.070, lo que agrava la vulnerabilidad de las construcciones ante

eventos adversos. De acuerdo con CISMID (2005), la construcción de casas en zonas urbanas se caracteriza por el uso mayoritario de albañilería de ladrillos de arcilla, representando más del 43% de las edificaciones. No obstante, la falta de supervisión en los procesos de edificación y un diseño estructural inadecuado han causado daños de gran envergadura. Un ejemplo de ello fue el sismo de Ático ocurrido el 23 de junio de 2001 en Arequipa, donde numerosas viviendas de albañilería se vieron gravemente afectadas. La no aplicación de las normas de diseño sísmico y de albañilería contribuyó a incrementar la vulnerabilidad estructural de estas construcciones.

La situación también impacta a Barranca, una localidad en el distrito de Barranca (Lima), que se ve afectada por la falta de conocimiento técnico en el uso de materiales de albañilería de calidad. Esta situación aumenta la vulnerabilidad de las edificaciones frente a desastres naturales, como sismos e inundaciones. Gran parte de la población utiliza ladrillos de baja calidad provenientes de ladrilleras artesanales, comprometiendo la seguridad estructural a mediano y largo plazo. Frente a esta circunstancia, se decidió mejorar las cualidades físicas y mecánicas de los ladrillos hechos a mano para garantizar una mayor protección en las edificaciones y evitar posibles perjuicios en la estructura. En este estudio se propone la posibilidad de incorporar MN, reemplazando proporcionalmente el agua, como un complemento natural en la producción de ladrillos de arcilla, ya que puede optimizar cualidades importantes como la resistencia a la compresión (RC), la absorción, la succión y el alabeo. Pese a su extenso empleo en diversas industrias, no se han elaborado investigaciones específicas sobre su influencia en la generación de ladrillos artesanales, lo que subraya la necesidad de evaluar su viabilidad. Asimismo, el uso de aditivos naturales ofrece una solución sostenible y económica frente a los productos químicos utilizados en la construcción, lo que posibilita mejorar los materiales y utilizar de manera eficiente los recursos disponibles en áreas secas como Barranca.

4.2. Formulación del problema

4.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la adición de mucílago de nopal en las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024?

4.2.2. Problema específico

PE1: ¿De qué manera incide la adición de mucílago de nopal en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024?

PE2: ¿Como altera la adición de mucílago de nopal el alabeo del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024?

PE3: ¿Cuál es la implicancia de la adición de mucílago de nopal en la succión del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024?

PE4: ¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de nopal en la absorción del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024?

PE5: ¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de nopal en la resistencia a la compresión simple del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024?

PE6: ¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de nopal en la resistencia a la compresión en pilas del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024?

V. JUSTIFICACIÓN

5.1. Justificación teórica

Debido a la novedad del material analizado en el ámbito de la edificación, este estudio se centra en la teoría y pretende generar aportes originales al ámbito de la ingeniería, en particular en la tecnología de materiales. Su objetivo es fomentar el análisis y difundir los beneficios de incorporar MN en ladrillos artesanales para mejorar sus cualidades físico-mecánicas. También se responde a la necesidad de recolectar información sobre la situación actual de la producción artesanal de ladrillos en la zona de Barranca. Mediante el análisis de datos técnicos y los resultados de pruebas de laboratorio, se ofrecerá una descripción exacta de la situación, fomentando debates académicos acerca de potenciales soluciones para la mejora.

5.2. Justificación social

Los diferentes aspectos se ven notablemente afectados por la importancia social de esta investigación. La mejora de los atributos de los ladrillos ayudará a proteger las casas construidas con ellos, disminuyendo su susceptibilidad a los terremotos y ofreciendo más calma a los habitantes. Asimismo, al exponer la situación actual en la región, se incentivará el interés de estudiantes, profesionales e investigadores en la búsqueda de soluciones para optimizar las características de los ladrillos artesanales. Finalmente, compartir los hallazgos con fabricantes y comunidades locales facilitará la adopción de prácticas mejoradas, optimizando los métodos de producción y fomentando el uso sostenible de recursos naturales. Esto beneficiará tanto a los productores, fortaleciendo la economía local, como a los habitantes, al garantizar construcciones más seguras y eficientes.

5.3. Justificación económica

El análisis sobre la incorporación de MN en ladrillos artesanales tiene un impacto económico relevante. Determinar si estos ladrillos con aditivos naturales cumplen con la norma E-070 garantizará su calidad y seguridad, ofreciendo una alternativa más económica en comparación con los aditivos sintéticos, especialmente en zonas de alta actividad sísmica.

Aunque la inversión para la obtención de MN será ligeramente mayor, esta se encontrará justificada por las mejoras obtenidas en relación con el ladrillo patrón. Asimismo, el uso de materiales normados reducirá la necesidad de reparaciones y reconstrucciones costosas, generando beneficios económicos para proyectistas, habitantes y consultores del sector de la construcción. Además, al promover opciones más accesibles para familias de bajos recursos en Barranca, se contribuirá a mejorar las condiciones habitacionales sin incurrir en los elevados costos del concreto o los ladrillos industriales, fortaleciendo la resiliencia estructural y el bienestar de los habitantes.

5.4. Justificación científica

Este estudio tiene una justificación científica sólida, ya que busca evaluar de manera rigurosa y sistemática la incidencia del MN en las cualidades del ladrillo de arcilla artesanal. Se seguirá un procedimiento basado en normativas específicas como la E-070, la NTP 399.613 y la NTP 399.604 para garantizar la calidad del material. Adicionalmente, la investigación contribuirá al progreso del saber científico mediante la exploración de un aditivo natural con la capacidad de potenciar la resistencia, durabilidad y otras propiedades fundamentales de los ladrillos. Además, promoverá el progreso de métodos más sostenibles y eficaces en el sector de la construcción, aportando beneficios tanto a la comunidad científica como al sector a través de la innovación tecnológica y la instauración de prácticas ambientalmente responsables.

5.5. Justificación tecnológica

Desde una perspectiva tecnológica, este estudio aborda la necesidad de investigar alternativas sostenibles y de bajo costo para optimizar los aspectos estructurales y medioambientales de los materiales de construcción tradicionales. Se busca demostrar que la incorporación de MN puede incrementar la resistencia y durabilidad del ladrillo, posicionando esta innovación en la intersección entre la tecnología verde y la tecnología en la construcción. De este modo, se promoverán soluciones que no solo optimizan las características del material, sino que también impulsan el uso de recursos locales y sustentables en el mismo sector.

5.6. Justificación ambiental

Este estudio surge como una respuesta a la actual crisis ambiental, impulsando la búsqueda de soluciones innovadoras y ecoamigables que reduzcan la contaminación. A diferencia de los aditivos sintéticos, cuya producción requiere altos consumos energéticos y

genera una huella de carbono considerable, la extracción y procesamiento del MN demandan significativamente menos energía, lo que aminora la emisión de GEI asociados a la fabricación de medios de construcción. Además, el MN es un derivado ecoamigable y ampliamente disponible en zonas secas y semisecas, lo que lo posiciona como una opción factible y duradera. Al emplearse en la fabricación de ladrillos, no solo sustituye a los aditivos tradicionales, sino que también ayuda a disminuir los desechos agrícolas, fomentando una aproximación más responsable y efectiva en el sector de la edificación.

VI. ANTECEDENTES Y/O ESTADO DEL ARTE

6.1. Antecedentes

6.1.1. Antecedentes internacionales

El estudio realizado por Perez et al. (2022) se centró en examinar la incidencia del cemento Portland, la cal, el yeso y el MN en la resistencia mecánica de la arcilla. Se ejecutaron pruebas de RC, flexión, corte y tensión directa, junto con ensayos de velocidad de pulso ultrasónico. Los resultados indicaron que las muestras con 2% de mucílago alcanzaron una RC de 58 kg/cm² a los 14 días, mientras que las muestras sin estabilizante solo lograron 10.5 kg/cm². Asimismo, a los 50 días, las mezclas con mucílago y yeso presentaron resistencias similares o superiores al testigo, mientras que el cemento y la cal redujeron la resistencia a menos de 5 kg/cm², es decir, menos del 50% de la resistencia inicial de la arcilla. En cuanto a la resistencia a flexión, la mezcla con yeso alcanzó el mayor módulo de ruptura, aunque con alta variabilidad, mientras que el mucílago presentó valores cercanos al testigo en resistencia a cortante, con valores menores a 10 kg/cm². Además, en tensión directa, el mucílago duplicó la resistencia del testigo, mientras que el yeso mostró la menor variabilidad. Finalmente, en la prueba de velocidad de pulso ultrasónico, solo las mezclas con mucílago y yeso, junto con el testigo, superaron los 1000 m/s, lo que indica una mejor compactación del material. Para concluir, se estableció que el MN es un estabilizador factible, dado que potencia la resistencia mecánica y la manejabilidad de la arcilla, lo que posibilita su implementación en condiciones reales de campo.

Rojas-Valencia et al. (2020) efectuaron una investigación destinada a examinar las características fisicoquímicas y mineralógicas de los materiales empleados en la producción de Recoblocks, bloques sostenibles fabricados a partir de desechos de construcción, excavación, tala y mucílago de *Opuntia ficus*. Para lograr este fin, se hicieron evaluaciones de RC, absorción de agua, erosión y análisis mineralógicos a través de la difracción de rayos X. Como resultado, se constató que los Recoblocks con mucílago exhibieron un aumento del 59% en la RC en comparación con los bloques convencionales. Además, la absorción inicial de agua en estos

bloques fue de 21 g/min, mientras que en los bloques sin mucílago alcanzó los 33 g/min. Asimismo, la resistencia a la erosión mejoró significativamente, reduciendo la velocidad de desgaste de 14.7 mm/h a 7 mm/h. Por otro lado, los estudios de fluorescencia y difracción de rayos X confirmaron que los Recoblocks contenían más del 50% de SiO₂, lo que contribuye a su durabilidad y resistencia mecánica. En última instancia, el costo unitario de producción ascendió a USD 0.19, lo que demuestra su factibilidad económica para su implementación en la edificación de muros interiores. En conclusión, el uso de mucílago de *Opuntia ficus* no solo mejora los atributos mecánicos de los Recoblocks, sino que también representa una alternativa sostenible y accesible para la industria de la construcción.

Aguilar-Penagos et al. (2017) examinaron las características fisicoquímicas, mineralógicas y microscópicas de ladrillos sostenibles elaborados con desechos de construcción, incluyendo hormigón triturado, serrín, agua, mucílago de cactus y escombros de excavación. En consecuencia, se realizaron ensayos de RC y absorción inicial de agua, además de estudios mediante microscopía electrónica de barrido y análisis termogravimétrico. Como resultado, se evidenció que la mezcla de hormigón con mucílago de *Opuntia ficus-indica* (V-OC-M) incrementó la RC en un 9%, alcanzando 0.53 MPa, mientras que la mezcla completa con mucílago (V-AiO-M) logró un aumento del 7%, alcanzando 0.65 MPa. Asimismo, en términos de absorción de agua, la mezcla V-OC-M presentó una reducción del 15% en comparación con R-OC-W, mientras que V-AiO-M disminuyó en un 13% respecto a R-AiO-W. Los hallazgos demuestran que al añadir mucílago se mejora la resistencia física y se reduce la capacidad de absorber agua en los bloques de construcción. Al finalizar la indagación, se concluyó que la mezcla de desechos secundarios y mucílago es una alternativa factible y respetuosa con el medio ambiente para el sector de la construcción, promoviendo la reutilización de desechos y el acatamiento de normativas ambientales.

Fernandez et al. (2024) llevaron a cabo una investigación con el fin de medir los efectos del MN en materiales de construcción, enfocándose en su impacto sobre la plasticidad, la absorción capilar, la resistencia mecánica y la durabilidad. Para ello, se realizaron ensayos en morteros de cal, adobe y mezclas de arcilla y yeso, aplicando concentraciones de mucílago del 20%, 60% y 100%. Los resultados indicaron que la plasticidad de los morteros de cal aumentó en un 9%, pasando de un diámetro de flujo de 160 mm a 175 mm, mientras que el tiempo de fraguado inicial se incrementó en 20 minutos, alcanzando los 110 minutos. Además, se observó una reducción en la absorción capilar y una mayor resistencia a la erosión, lo que favoreció una carbonatación más uniforme. En cuanto a la resistencia mecánica, los especímenes curados por

14 y 50 días presentaron mejoras significativas en compresión, tracción directa y flexión, validadas mediante ensayos de velocidad de pulso ultrasónico. Como conclusión, se estableció que el MN no solo aumenta las particularidades físico-mecánicas y de durabilidad de estos materiales, sino que también actúa como un plastificante y superplastificante natural, optimizando la trabajabilidad y la cohesión de la matriz inorgánica. Asimismo, su acción hidrofugante reduce la permeabilidad y protege contra la corrosión, consolidándose como una alternativa sostenible para la construcción y la conservación del patrimonio arquitectónico.

Figuerola et al. (2023) idearon un método de construcción de paredes tanto internas como externas utilizando los desechos producidos durante la elaboración de mezcal en Oaxaca. Esta técnica mezcla bagazo y vinaza con tierra arcillosa, lodo de papel y MN. A través de una metodología experimental, se fabricaron bloques con diferentes mezclas, evaluando su RC, densidad, calor específico y conductividad térmica. Los hallazgos reflejaron que la mezcla 3 alcanzó una resistencia de 37.13 kg/cm², suficiente para muros divisorios conforme a la normativa NMX-C-441-ONNCCE-2013, mientras que la mezcla 6 obtuvo 146.12 kg/cm², apta para muros de carga según la NMX-C-404-ONNCCE-2012. En cuanto a la densidad, la mezcla 3 registró 1.56 kg/cm³ y la mezcla 6, 1.46 kg/cm³, manteniendo pesos similares. Respecto al calor específico, la mezcla 3 presentó el valor más bajo con 766.77 J/kg°C, mientras que la conductividad térmica fue de 0.3482 W/m°C. Como conclusión, se determinó que estos bloques ofrecen propiedades mecánicas y térmicas adecuadas para su uso en construcción sustentable, con potencial de mejora a través del ajuste en las proporciones de los insumos, lo que permitiría una fabricación masiva que reduzca el impacto ambiental y favorezca la vivienda social.

6.1.2. Antecedentes nacionales

Céspedes & Rivera (2022) efectuaron un análisis con el fin de comprobar el impacto del MN rojo y blanco en la RC de ladrillos artesanales fabricados en Andahuaylas. Para ello, aplicaron un enfoque hipotético-deductivo y realizaron ensayos experimentales con diferentes concentraciones de mucílago (100%, 75% y 50%) y proporciones de arcilla (4:1, 3:1 y 2:2). Los hallazgos evidenciaron que la inclusión de mucílago potenció significativamente la RC de los ladrillos en contraste con aquellos sin aditivos. En particular, la mezcla con 75% de mucílago y una proporción de arcilla de 3:1 presentó la mayor resistencia, seguida de la combinación con 4:1, mientras que la menor resistencia se registró en la mezcla con 50% de mucílago y una proporción de 2:2. Además, el análisis estadístico confirmó que el efecto del

mucílago sobre la resistencia fue significativo, permitiendo rechazar la hipótesis nula con un p-valor inferior al 5%. En conclusión, el estudio evidenció que el MN es un aditivo natural eficaz para optimizar las cualidades mecánicas de los ladrillos artesanales, lo que sugiere su potencial uso en el ámbito de la construcción sostenible.

Chavez (2020) examinó la incidencia del mucílago de tuna (MT) en las cualidades físico-mecánicas de ladrillos ecológicos con desechos pétreos en Trujillo. Para ello, se elaboraron ladrillos con diferentes proporciones de mucílago (0%, 20%, 50%, 70% y 100%), evaluando su resistencia a compresión, absorción, succión y alabeo, conforme a las normas E-070 y N.T.P. 331.017. Los ensayos experimentales se realizaron en un laboratorio especializado, tomando una muestra de 100 unidades de ladrillos ecológicos y 5 de ladrillos artesanales. Los hallazgos indicaron que la RC aumentó progresivamente con la inclusión de mucílago, obteniendo su mayor valor con el 100% de incorporación, mientras que los ladrillos sin aditivo presentaron la menor resistencia. Asimismo, en las pruebas de absorción, las unidades con mayor proporción de mucílago mostraron menores niveles de absorción, debido a la compactación del material. En cuanto al alabeo, los ladrillos ecológicos presentaron una deformación mínima, mientras que los ladrillos artesanales registraron valores superiores. En última instancia, se llegó a la conclusión de que la incorporación de MT optimiza notablemente los atributos físico-mecánicos de los ladrillos ecológicos, sugiriendo su aplicación en edificaciones sustentables.

El estudio realizado por Vilcas (2020) se centró en establecer las particularidades físico-mecánicas de los bloques de tierra comprimida (BTC) que incorporaron MN en diversas cantidades como sustituto del agua en su producción. Con el fin de llevar a cabo esta tarea, se emplearon suelos clasificados como tipo A-2-4 de la zona de Chongos Bajo, cemento tradicional, MN y agua. Se unieron y compactaron estos componentes mediante el uso de la máquina CETA-RAM. Los BTC producidos, que incorporaron adiciones de MN del 0%, 20%, 40% y 60%, fueron evaluados conforme a las normativas E070, E080, NTP 399.613 y NTP 399.604. Los datos revelaron una variación dimensional que osciló entre 0.06% y 1.19%, mientras que el alabeo exhibió valores promedio de 0.4 mm y 0.5 mm. Con respecto a la absorción, los BTC con concentraciones de MN del 0%, 20%, 40% y 60% registraron un 13.24%, 18.25%, 14.16% y 10.54%, respectivamente. Los valores obtenidos para la RC (f'_b) de los bloques fueron 22.63 kg/cm², 13.03 kg/cm², 17.31 kg/cm² y 29.38 kg/cm², mientras que la resistencia a la compresión en pilas (RCP) (f'_m) presentó cifras de 6.49 kg/cm², 3.07 kg/cm², 4.72 kg/cm² y 18.50 kg/cm², correspondientemente. A partir de estos datos, se concluyó que

incorporar un 60% de MN en la mezcla optimiza de manera notable las características mecánicas de los BTC. Esto los hace aptos para su uso en la construcción de muros no portantes, cumpliendo con los requisitos establecidos en la normativa E070.

Santander (2022) mejoro las propiedades físico-mecánicas del adobe mediante la adición de mucílago de linaza (ML) en viviendas rurales de Huancané, Puno. Para esto, se empleó un enfoque cuantitativo con un diseño experimental, aplicando el método hipotético-deductivo a un total de 60 unidades de adobe con tres niveles de dosificación del ML (3%, 9% y 12%), de las cuales 48 fueron seleccionadas para los ensayos. Los resultados indicaron que la RC aumentó con el incremento de la dosificación, alcanzando valores de 13.22 kg/cm² para el 3%, 17.07 kg/cm² para el 9% y un máximo de 19.20 kg/cm² con la adición del 12%. Asimismo, la permeabilidad mejoró, reduciendo la absorción de agua de 18.31% en la muestra con 3% de mucílago a 12.56% en la de 12%. De manera similar, la presencia de fisuras disminuyó de 7.33 unidades/m² con 3% de mucílago a 5.33 unidades/m² con 12%. En conclusión, la averiguación demostró que la integración de ML en una proporción del 12% es óptima para mejorar la RC, reducir la absorción de agua y minimizar la aparición de fisuras en las unidades de adobe, lo que evidencia su potencial en la construcción de viviendas rurales en condiciones climáticas adversas. Como conclusión, el estudio evidenció que la integración de ML en una proporción del 12% resulta idónea para optimizar la RC, disminuir la absorción de agua y minimizar la presencia de fisuras en los bloques de adobe, lo que pone de manifiesto su potencial en la edificación de viviendas rurales bajo condiciones climáticas desfavorables.

En un estudio realizado por Andres & Machco (2023) en la localidad de Pampas, Huánuco, se efectuó un análisis comparativo del impacto de la incorporación de MT y fragmentos de eucalipto en las cualidades mecánicas del adobe. A través de una metodología cuantitativa con diseño experimental y nivel explicativo, se evaluaron muestras estándar y aquellas con adiciones de ambos materiales en proporciones de 5%, 8% y 10%. Los datos evidenciaron que la introducción del 8% de MT incrementó la RC en un 32.47%, alcanzando un valor de 24.56 kg/cm² respecto al patrón. Asimismo, la inclusión del 10% de virutas de eucalipto mejoró la RC diagonal en muros de mampostería en un 38.38%, con un valor de 1.370 kg/cm². Además, la resistencia a la flexión aumentó en un 46.35% con la incorporación del 8% de virutas de eucalipto, alcanzando una cifra de 18.820 kg/cm². En conclusión, si bien ambos aditivos ayudan a optimizar los atributos del adobe, se estableció que las virutas de eucalipto ofrecen ventajas superiores en cuanto a resistencia estructural, particularmente en lo

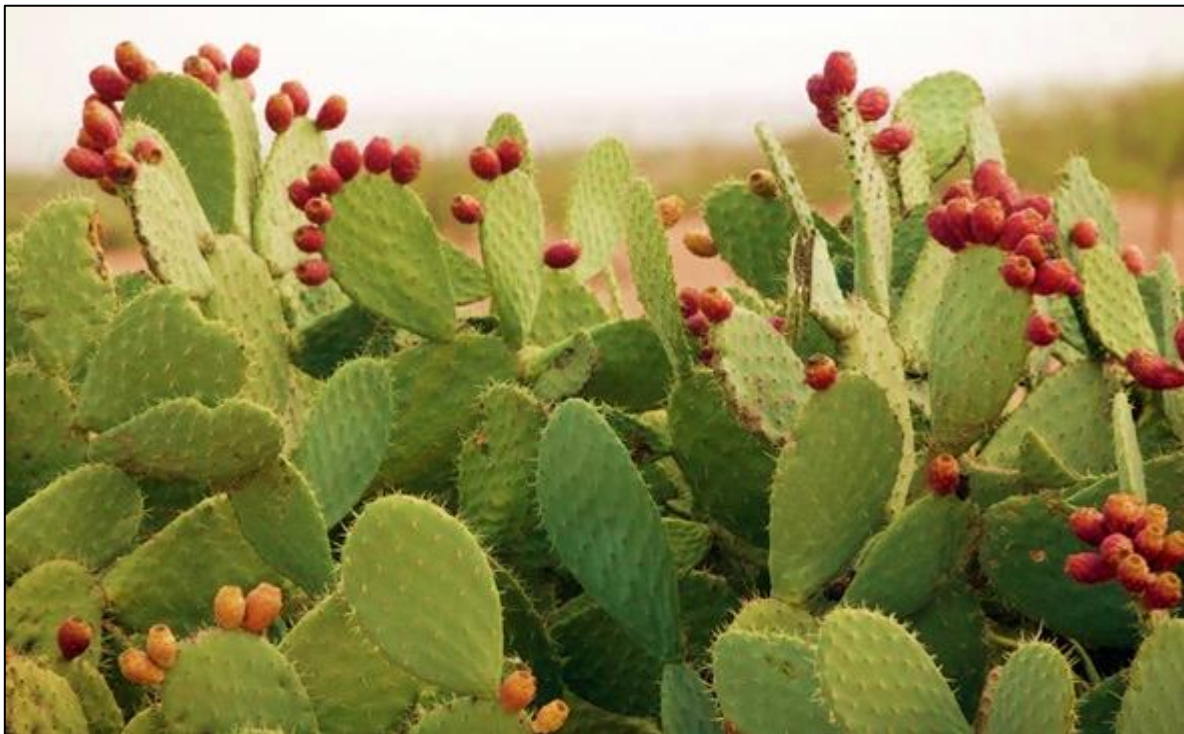
que respecta a la flexión y la compresión diagonal. Por otro lado, el MT se destacó por su mayor efectividad en el incremento de la RC.

6.2. Estado de Arte

6.2.1. Nopal (*Opuntia ficus - Indica*)

6.2.1.1. Definición. El género *Opuntia* y la familia de los cactus comprenden la planta generalmente denominada "tuna" (Figura 1) u "*Opuntia ficus-indica*". Estas plantas son extremadamente comunes ya que se originan en una variedad de entornos, desde lugares de gran altitud como los Andes peruanos hasta lugares áridos a nivel del mar (Nobel, 1999). Esta planta está muy extendida en Perú y es esencial para los sistemas agropastorales de los Andes. Prospera en los valles interandinos, que ofrecen condiciones de cultivo ideales. Los frutos de esta planta se comercializan y son muy demandados en los principales mercados del país, además de ser consumidos orgánicamente por los agricultores y la población local (Gerencia Regional Agraria La Libertad, 2009).

Figura 1
Nopal.



Nota, obtenido de Espores. La veu del Botànic, 2014.

6.2.1.2. Hábitat. Una planta natural que crece bien en climas desérticos fríos es el nopal. Su cultivo no requiere de grandes cantidades de agua, convirtiéndose en una fuente de ingresos muy beneficiosa para agricultores que carecen de recursos básicos y residen en regiones áridas o semiáridas. Se destaca por su importante función ecológica al frenar la degradación del suelo y transformarlo en tierras productivas (Mondragón-Jacobo et al., 2003).

6.2.1.3. Mucílago de nopal (MN). De los tallos del nopal se extrae una sustancia pegajosa llamada MN. Según Rodríguez-González et al. (2011) aseguran que el MN, un material "pegajoso" segregado por las pencas del nopal, es una parte esencial de la fibra alimentaria. Debido a sus propiedades viscosas, el MN se emplea con frecuencia en la industria alimentaria. Puede modificar características como la viscosidad, textura, la retención de agua y la elasticidad. También puede formar estructuras moleculares y retener eficazmente enormes volúmenes de agua. También destaca por su capacidad para espesar, emulsionar y gelificar sustancias.

El mucílago es otro componente del que ya se ha hablado en relación con su importancia fisiológica. Aunque en cantidades muy variables, este componente puede encontrarse en la piel, la pulpa y los cladodios del fruto. La investigación de Sáenz & Sepúlveda (1993) muestra que el rendimiento es consistentemente modesto, oscilando entre el 0,5 por ciento en la cáscara y dentro de los cladodios, el 1,2% (Abraján, 2008).

6.2.1.4. Usos en la construcción. Cárdenas et al. (1998), demuestran cómo los morteros a base cal, elaborados con la baba de tuna, se han utilizado durante milenios en el sector de la construcción para reparar y proteger estructuras de problemas como la penetración del agua y las grietas. Según Chandra et al. (1998) cuando se emplea en la producción de mortero y concreto hidráulico, se ha comprobado que el mucílago de cactus prolonga el periodo de endurecimiento, reduce la capacidad para absorber agua y eleva la RC. Diversos estudios han evidenciado que el mucílago extraído de esta planta altera la consistencia del cemento, incrementando su cohesión y reduciendo la separación de sus componentes. Asimismo, minimiza la capacidad de absorción de agua y potencia la resistencia del hormigón autonivelante (Ruiz-García, 2005).

Dado que el nopal se encuentra accesible en áreas secas y semiáridas; la utilización del mucílago del vegetal en estudio en materiales de construcción tiene el potencial de aumentar la rentabilidad y tener un gran impacto social al añadir valor al proceso de producción. Es

crucial recordar que no todos los tipos de nopal están destinados a la alimentación humana o animal; los que no están pueden hacer avanzar la ciencia de los materiales de construcción (Ramírez-Arellanes et al., 2012).

6.2.1.5. Métodos de extracción. Según Ramsey (1999), para preparar este estabilizante, los tallos deben estar usados, cortados en rodajas y sin espinas. Todo el peso de las rodajas, es decir, el peso de los tallos se sumerge en agua a una razón de 1:1 con respecto al peso del nopal. La fuerza del estabilizador depende de la duración del remojo. Según las investigaciones, los periodos de remojo óptimos son de 14 a 25 días, siendo 18 días los que producen los mejores efectos en condiciones climáticas de 15-20 °C y 82% a 92% de humedad relativa. Luego de recolectar del gel de nopal, se filtran, para separar la cascara de la goma.

Para este proyecto de tesis se determinará el tiempo de inmersión que dará los resultados más favorables de viscosidad óptima mediante el ensayo de viscosidad del MN.

6.2.2. El ladrillo

6.2.2.1. Definición. Moreno (1981) los bloques son elementos cerámicos de pequeñas dimensiones con forma de paralelepípedo, cuya composición principal se basa en arcillas. Estos son conformados, comprimidos y sometidos a un proceso de cocción. Debido a su configuración regular y facilidad de manipulación, se emplean en diversas aplicaciones de construcción.

En concordancia con la ITINTEC 331.017 (1978), un ladrillo es una unidad de fábrica de ladrillo compuesta de materiales naturales de tierra como arcilla, esquisto arcilloso u otros materiales similares. Se obtiene mediante el uso de prensado, moldeado y calentamiento a alta temperatura.

Según lo establecido en el reglamento E.070, un ladrillo se considera como una pieza de construcción que, por sus medidas y carga, puede ser manipulada fácilmente con una sola mano (MVCS, 2019).

6.2.2.2. Características del ladrillo. De acuerdo con los estudios de Del Río (1975) y Somayaji (2001), un ladrillo debe reunir las siguientes cualidades generales para ser considerado apto para la construcción de muros de mampostería:

- Consistencia uniforme en toda su masa.
- Ausencia de defectos y fracturas.

- Coherencia en las formas y tamaños de los distintos componentes.
- Suficiente resistencia para soportar cargas considerables.
- Capacidad de resistir flexión y compresión.
- Evitar una cocción excesiva que pueda resultar en color oscuro, grietas y deformaciones.
- Formas regulares para garantizar espesor uniforme en las hiladas de los muros.
- Bordes afilados y ángulos rectos.
- Homogeneidad en el color.
- Porosidad para mejorar la adherencia con el mortero.
- No contienen sales solubles para detener las eflorescencias.
- Al golpearlas, producen un sonido metálico para demostrar que no hay grietas y que la cocción se está produciendo eficazmente.

De manera similar, la norma E.070 establece que el ladrillo no debe exhibir MVCS (2019):

- Presencia de elementos extraños o inapropiados, como conchas, guijarros calcáreos o nódulos, en el interior de la estructura o en su superficie.
- Grietas, hendiduras, fracturas, rajaduras u otros fallos que reduzcan su capacidad de resistencia y durabilidad.
- Manchas blancas de naturaleza salina u otra índole.
- Vitrificación y variación de color.

6.2.2.3. Clasificación del ladrillo. La ITINTEC 331.017 (1978), divide los ladrillos en cinco categorías en función de sus atributos:

Tipo I: Puede emplearse en construcciones de albañilería en condiciones limitadas, debido a su baja resistencia y durabilidad.

Tipo II: Se emplean en construcciones de mampostería en condición de servicios moderadas debido a su resistencia y durabilidad moderadas.

Tipo III: Por causa de resistencia y durabilidad medias, es ideal en construcciones de mampostería en aplicaciones generales.

Tipo IV: Ofrece durabilidad y resistencia excepcionales, por lo que es apropiado para edificaciones de mampostería en ambientes de servicios severos.

Tipo V: Debido a su notable durabilidad y resistencia, es ideal para proyectos de albañilería sometidos a condiciones de servicios especialmente exigentes.

Tabla 1*Clases de unidad de albañilería con propósito estructural.*

Tipo	Variación dimensional (máxima expresada en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia a compresión f mínimo en MPa (kg/cm ²) en área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)

Nota, obtenido de MVCS (2019).

6.2.2.4. Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo

6.2.2.4.1. Propiedades físicas del ladrillo.

A. Variación dimensional: Este atributo da información sobre la diferencia de los valores nominales entre las caras de las unidades de mampostería. Las diferencias considerables de tamaño entre unidades pueden afectar al grosor de las juntas de mortero, lo que podría ser perjudicial para la construcción de muros. También podría haber repercusiones arquitectónicas si se trata de unidades enfrentadas (NTP 399.613, 2005).

B. Alabeo: San Bartolomé (1994) sostiene que son las variaciones en la superficie de los ladrillos, tanto concavidades como convexidades, pueden influir significativamente en la construcción. Las áreas más alabeadas pueden incrementar el grosor de la junta entre ladrillos, lo cual afecta la uniformidad y la estética de la estructura. Además, estas irregularidades pueden reducir la adhesión con el mortero al generar cavidades que comprometen la integridad estructural. También advierte que los ladrillos con grandes diferencias de alabeo podrían ser más propensos a fallas por tracción debido a las tensiones inducidas por la flexión en la unidad durante la carga.

C. Succión: Según Gallegos et al. (1977), la succión se refiere a la rapidez con la que la superficie de una unidad de albañilería puede absorber agua. Es una propiedad crucial que determina la relación entre el mortero y su interacción con la parte en contacto, y su vez, influye en la capacidad de tracción de la mampostería. Una succión elevada puede resultar en la

absorción excesiva de agua del mortero durante la aplicación, lo cual puede ocasionar deformaciones y endurecimiento prematuro.

D. Absorción: La absorción del ladrillo de arcilla es su capacidad para retener agua en los poros mediante capilaridad, lo que influye en su durabilidad y resistencia. Se expresa como un porcentaje respecto al peso seco del ladrillo y es un factor clave en su comportamiento frente a la humedad. Una alta absorción indica mayor porosidad, lo que lo hace más susceptible a cambios volumétricos por expansión y contracción (González et al., 2019).

6.2.2.4.2. *Propiedades mecánicas del ladrillo.*

A. Resistencia a la compresión simple (RCS): Hace referencia a su facultad de resistencia a cargas aplicados en dirección perpendicular a su superficie, medida en unidades de presión como MPa. Según Afanador et al. (2012), esta propiedad representa la máxima carga que el ladrillo puede soportar por unidad de área antes de fracturarse bajo compresión.

B. Resistencia a la compresión axial (RCA): Hace referencia a la capacidad de resistir fuerzas que actúan a lo largo de su eje principal. En este estudio se realiza en componentes de construcción luego de un proceso de endurecimiento de 28 días, en el cual se evalúan el área de unión y la dimensión vertical de la pieza de arcilla. Después, se procede a aplicar una fuerza hasta que el material se rompe, verificando que el resultado cumpla con los requisitos establecidos en la normativa E.070 (Poicon, 2017).

VII. HIPÓTESIS Y VARIABLE DE ESTUDIO

7.1. Hipótesis

7.1.1. Hipótesis general

La adición de mucílago de nopal causa un efecto positivo en las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

7.1.2. Hipótesis específicas

HE1: La adición de mucílago de nopal incide positivamente en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

HE2: La adición de mucílago de nopal altera mínimamente el alabeo del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

HE3: La adición de mucílago de nopal tiene alta implicancia en la succión del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

HE4: La adición de mucílago de nopal tiene un efecto positivo en la absorción del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

HE5: La adición de mucílago de nopal tiene un efecto mínimo en la resistencia a la compresión simple del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

HE6: La adición de mucílago de nopal tiene un efecto mínimo en la resistencia a la compresión en pilas del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

7.2. Variable de estudio

7.2.1. Variable independiente (VI)

El MN se clasifica como una variable independiente, ya que la adición en diferentes proporciones de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN, sustituyendo al agua, influirán en el resultado final de los ladrillos artesanales y, por ende, en la evaluación de la mejora de sus propiedades.

7.2.2. Variable dependiente (VD)

Las propiedades del ladrillo elaborado artesanalmente a base de arcilla se tomarán como la variable dependiente, ya que sus propiedades se verán influenciada por la incorporación de diferentes concentraciones de baba de nopal.

7.3. Operacionalización de las variables

Tabla 2

Matriz operacional de la variable independiente.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala
Independiente Mucílago de nopal	Una sustancia viscosa extraída de los tallos de los cactus se denomina mucílago de cactus, retiene agua y altera propiedades como la elasticidad, la viscosidad, retención de agua, la textura, el mucílago posee propiedades impermeabilizantes (Baldoceca, 2019).	El MN en esta investigación se centrará en el tipo de penca de nopal, en donde se recolectará la información mediante fichas de observación, como el color y tamaño de la penca, así como la viscosidad óptima.	Tipo de penca de nopal	Color de la penca. Tamaño de la penca. Viscosidad óptima.	Nominal.

Tabla 3

Matriz operacional de la variable dependiente.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Dependiente Propiedades del ladrillo artesanal de arcilla	La investigación en torno a las propiedades del ladrillo ofrece datos relativos a su durabilidad en la construcción y su resistencia a las condiciones climáticas (Guadalupe, 2019).	Las características del ladrillo de fabricación artesanal estarán determinadas por aspectos como la estabilidad dimensional, la deformación, la capacidad de succión, el nivel de absorción de agua, la resistencia mecánica bajo carga uniaxial y la RCP.	Variación Dimensional.	Dimensiones de Longitudes.	Razón.
			Alabeo.	Concavidad o convexidad.	
			Succión.	Rapidez de su superficie en absorber agua.	
			Absorción.	Capacidad en retener agua expresada en porcentaje.	
			Resistencia a la compresión simple (RCS).	Fuerza máxima permisible por unidad de área.	
			Resistencia a la compresión en pilas (RCP).	Fuerza máxima permisible en unidades unidas por unidad de área.	

VIII. OBJETIVOS

8.1. Objetivo general

Determinar qué efecto causa la adición de mucílago de nopal en las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

8.2. Objetivos específicos

OE1: Determinar la incidencia de la adición de mucílago de nopal en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

OE2: Determinar cómo altera la adición de mucílago de nopal en el alabeo del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

OE3: Determinar la implicancia que tiene la adición de mucílago de nopal en la succión del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

OE4: Determinar qué efecto causa la adición de mucílago de nopal en la absorción del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

OE5: Determinar qué efecto provoca la adición de mucílago de nopal en la resistencia a la compresión simple del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

OE6: Determinar qué efecto provoca la adición de mucílago de nopal en la resistencia a la compresión en pilas del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

IX. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de investigación

Este trabajo se clasificó como un estudio de tipo aplicada, dado que su fin es producir conocimientos con un objetivo práctico y enfocado en la solución de un problema particular. Según Lozada (2014), la investigación aplicada se distingue por el uso del saber para cambiar o mejorar una situación concreta, aspecto que se constata en el presente análisis al evaluar como el MN incide en la resistencia y calidad de los ladrillos artesanales, con el propósito de reforzar sus cualidades físico-mecánicas.

9.2. Enfoque de investigación

El enfoque del estudio correspondió al cuantitativo, puesto que se basó en recolectar y examinar cifras numéricas con la intención de conseguir resultados medibles y objetivos. De acuerdo con Fernández (2016), el enfoque cuantitativo se fundamenta en la evaluación de la variable a través de instrumentos estructurados y en la efectuación de análisis estadísticos. En este caso, se cuantificaron atributos físico-mecánicas modificados con MN, lo que favoreció hacer contrastes y establecer conclusiones apoyadas en datos precisos.

9.3. Diseño de investigación

Se determinó que la averiguación se enmarca en un diseño cuasiexperimental de corte longitudinal, dado a que se manipuló la VI (MN) para notar su influencia en la VD (Propiedades del ladrillo artesanal) durante un lapso específico. Hernández & Mendoza (2018) afirmaron que los diseños cuasiexperimentales se distinguen por no disponer de una asignación aleatoria rigurosa de las unidades de análisis a los grupos de estudio, lo que permitió el contraste entre grupos con distintas cantidades de MN y un grupo de control. A la vez, a través del estudio longitudinal, se pudo evaluar los efectos de las distintas proporciones (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) del MN en las particularidades físico-mecánicas de los ladrillos artesanales, permitiendo comprender si esta adición presenta un efecto considerable en la respuesta estructural al momento de evaluar los reportes de laboratorio, después de la fase de cocción en horno. Para Delgado & Llorca (2004), los estudios longitudinales se centran en observar un suceso o

fenómeno a lo largo de un periodo. En ese sentido, se aplican para evaluar e identificar de modo ordenado la evolución de un hecho o de sus componentes.

9.4. Población y muestra de la investigación

9.4.1. Población

Según Rodríguez et al. (2021), se entiende como el grupo total de elementos, individuos u objetos que presentan cualidades similares y que son esenciales para el desarrollo de una investigación. Se trata del universo del cual se intenta recaudar datos y sacar conclusiones.

En consecuencia, los ladrillos de arcilla, producidos a mano en la fábrica de ladrillos RPC, con medidas de 23 cm de longitud, 9 cm de altura y 13 cm de ancho constituyeron la población del análisis. A estos se les incorporaron distintos porcentajes de MN, particularmente 0%, 25%, 50%, 75% y 100%.

9.4.2. Muestra

Tal como indica García-García et al. (2017), es un grupo representativo de la población, seleccionado con el fin de posibilitar el análisis sin tener que estudiar a cada elemento o individuo. Al elegir, es crucial garantizarse de que los datos conseguidos puedan usarse de forma amplia o representar exactamente las singularidades de la población en cuestión.

En este estudio, se trabajó con una muestra de 200 ladrillos de arcilla, fabricados de manera individual en la fábrica de ladrillos RPC. La concentración de MN se fluctuó entre 0%, 25%, 50%, 75% y 100%, produciendo 40 unidades para cada una de estas concentraciones.

En laboratorio, los ladrillos artesanales fueron sometidos a diferentes porcentajes de baba de nopal en sustitución del agua, con el propósito de examinar su incidencia en las características físico-mecánicas. Para la cuantificación de la muestra, se siguieron los lineamientos establecidos en la normativa ITINTEC 331.019, la cual regula el uso de la arcilla en la fabricación de este material. En la tabla 4 se detalla el procedimiento utilizado en el estudio.

Tabla 4
Cantidad de muestras para las propiedades físicas.

Ensayos físicos	Muestras para cada porcentaje					Total
	0%	25%	50%	75%	100%	
Variación dimensional y alabeo	10	10	10	10	10	50
Succión	5	5	5	5	5	25
Absorción	5	5	5	5	5	25
Total	20	20	20	20	20	100

La muestra para la dimensión propiedades físicas, está comprendido por un total de 100 unidades de ladrillos: 50 se utilizaron en el ensayo de variación dimensional y alabeo, 25 en la prueba de succión y 25 para el test de absorción, según las indicaciones de la Norma Técnica Nacional Itintec 331.019.

Tabla 5
Cantidad de muestras para las propiedades mecánicas.

Ensayos mecánicos	Muestras por cada porcentaje					Total
	0%	25%	50%	75%	100%	
RCS	5	5	5	5	5	25
RCP	15	15	15	15	15	75
Total	20	20	20	20	20	100

La muestra para la dimensión propiedades mecánicas, está comprendido por un total de 100 unidades de ladrillos: 25 para la prueba de RCS y 75 para la prueba de RCP, según las indicaciones de la Norma Técnica Nacional Itintec 331.019.

9.4.3. Muestreo

En esta ocasión se manejó el muestreo no probabilístico del tipo convencional, dado a la naturaleza experimental de la investigación y a la accesibilidad de los productos en la fábrica de ladrillos RPC. Tal como expresa Otzen & Manterola (2017), este tipo de muestreo se basa en elegir los sujetos o elementos según su disponibilidad y conveniencia, sin emplear algún método aleatorio. Se usa en casos donde se requiere facilidad, rapidez o cuando no se puede llegar a toda la población, aunque puede generar parcialidad y restringir la generalización de los resultados.

9.4.4. Unidad de análisis

Correspondió a los ladrillos de arcilla elaborados a mano, a los cuales se les adicionó MN en diferentes proporciones: 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Se analizaron estos bloques de construcción en el laboratorio para examinar sus peculiaridades físico-mecánicas.

9.4.5. Criterios de selección

9.4.5.1. Criterios de inclusión.

- ✓ Pencas de la ciudad de Barranca.
- ✓ Especialistas de laboratorio.
- ✓ Temperatura del horno entre 800 a 1300 °C para la fabricación artesanal de ladrillos de arcilla.
- ✓ Pruebas de laboratorio (RCS y RCP) (variación dimensional, succión, absorción y alabeo).
- ✓ Norma Itintec 331.018 y 331.019, el reglamento E-070, NTP 331.017, 399.604, 399.613 y 339.605.
- ✓ MN, arcilla.

9.4.5.2. Criterios de exclusión.

- ✓ Temperatura del horno menor a 800 °C para la fabricación artesanal de ladrillos de arcilla.
- ✓ Ser personas sin especialización en laboratorio.
- ✓ Trabajar con materiales con presencias de impurezas o contaminadas.
- ✓ Ensayos de laboratorios distintos a los que se mencionan en el trabajo de investigación.

9.5. Técnica e instrumento de investigación

9.5.1. Técnicas de investigación

Desde otro punto de vista, las técnicas poseen enfoques y acciones para adquirir información necesaria que permite explorar su tema de interés (Hernández & Duana, 2020). En tal sentido, la toma de datos se efectuó mediante la observación y análisis documental.

Mediante la observación directa, se registraron las modificaciones en los atributos físico-mecánicos de los ladrillos de arcilla con diversas dosis de MN, lo que facilitó su evaluación en relación con los requisitos técnicos establecidas por la norma E.070.

A su vez, el análisis documental posibilitó la revisión de normativas peruanas, como estudios previos sobre diferentes ensayos de calidad correspondientes a los ladrillos de arcilla, lo que permitió comparar los hallazgos experimentales con información teórica y antecedentes investigativos.

9.5.2. Instrumento de investigación

En relación con los instrumentos de estudio, Arias (2012) los define como recursos que facilitan la recolección de datos, ya sea en soportes tangibles o electrónicos. Por consiguiente, en la presente investigación se emplearon fichas de registro estructurados que ayudaron en la recopilación de data precisa y fiable, tanto en el terreno como en el laboratorio.

9.6. Materiales, herramientas y Equipos

9.6.1. Ensayo de viscosidad de MN

a) Materiales

- MN a los 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 días.

b) Herramientas

- Vaso y/o de cristal de un litro.
- Esfera (canica)
- Cronómetro
- Balanza con sensibilidad de 0.5 gr.
- Vernier
- Chaleco
- Tablero de anotación
- Lapicero

9.6.2. Extracción de pencas de nopal

a) Herramientas

- Machete
- Sacos
- Lente de protección
- Trinche
- Guantes de seguridad

- chaleco

9.6.3. Extracción de mucílago de pencas de nopal

a) Herramientas

- Machete o Cuchillo
- Tina o Balde
- Alicata o pinzas
- Guantes de Cuero
- Escoba y/o cepillo
- Brocha
- Lente de protección
- Saquillo
- Cuchillo
- Malla de 5 mm
- Chaleco

9.6.4. Preparación de los ladrillos artesanales

a) Materiales

- MN
- Arcilla
- Agua

b) Herramientas y equipos

- Pico
- Pala cuchara
- Molde de ladrillo
- Balanza o romana
- Jarra medidora
- Balde
- Tablero de anotación
- Lapicero
- Horno de la ladrillera

9.6.5. Ensayo de variación dimensional

a) Materiales

- 10 ladrillos artesanales con 0% de MN.
- 10 ladrillos artesanales con 25% de MN.
- 10 ladrillos artesanales con 50% de MN.
- 10 ladrillos artesanales con 75% de MN.
- 10 ladrillos artesanales con 100% de MN.

b) Herramientas

- Regla de acero graduada al milímetro de 30 cm.
- Tablero de anotación
- Lapicero
- Formato de ensayo de laboratorio.

9.6.6. Ensayo de Alabeo

a) Materiales

- 10 ladrillos artesanales con MN al 0%.
- 10 ladrillos artesanales con MN al 25%.
- 10 ladrillos artesanales con MN al 50%
- 10 ladrillos artesanales con MN al 75%.
- 10 ladrillos artesanales con MN al 100%.

b) Herramientas

- Regla graduada de acero al milímetro de 30 cm.
- Dos cuñas metálicas.
- Tablero de anotación.
- Lapicero
- Formato de ensayo de laboratorio.

9.6.7. Ensayo de succión

a) Materiales

- 5 ladrillos artesanales con MN al 0%.
- 5 ladrillos artesanales con MN al 25%.
- 5 ladrillos artesanales con MN al 50%
- 5 ladrillos artesanales con MN al 75%.
- 5 ladrillos artesanales con MN al 100%.

b) Herramientas y equipos

- Una bandeja o contenedor de agua con una superficie mínima de 200 cm² y un mínimo de 12,5 mm de profundidad.
- Regla de acero de 30 cm con graduación milimétrica.
- Horno eléctrico de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Soporte delgado para ladrillo de 6mm de espesor.
- Paño húmedo
- Balanza electrónica con aproximación de 0.5gr.
- Cronómetro
- Tablero de anotación
- Lapicero
- Formato de ensayo de laboratorio.

9.6.8. Ensayo de absorción

a) Materiales

- 5 ladrillos artesanales con MN al 0%.
- 5 ladrillos artesanales con MN al 25%.
- 5 ladrillos artesanales con MN al 50%
- 5 ladrillos artesanales con MN al 75%.
- 5 ladrillos artesanales con MN al 100%.
- Yeso para el refrentado del ladrillo.

b) Herramientas y equipos

- Horno eléctrico de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Recipientes grandes que puedan contener las muestras completamente sumergidas.
- Termómetro
- Paño Húmedo
- Balanza electrónica con aproximación de 0.5gr.
- Tablero de anotación
- Lapicero
- Formato de ensayo de laboratorio.

9.6.9. Ensayo de RCS

a) Materiales

- 5 ladrillos de arcilla con MN al 0%.
- 5 ladrillos de arcilla con MN al 25%.
- 5 ladrillos de arcilla con MN al 50%
- 5 ladrillos de arcilla con MN al 75%.
- 5 ladrillos de arcilla con MN al 100%.
- Yeso
- Cemento

b) Herramientas y equipos

- Prensa automática de ensayo a compresión.
- Horno eléctrico de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Regla de acero de 30 cm con graduación milimétrica.
- Tablero de anotación
- Lapicero
- Formato de ensayo de laboratorio.

9.6.10. Construcción de pilas de albañilería

a) Materiales

- 15 ladrillos de arcilla con MN al 0%.
- 15 ladrillos de arcilla con MN al 25%.
- 15 ladrillos de arcilla con MN al 50%
- 15 ladrillos de arcilla con MN al 75%.
- 15 ladrillos de arcilla con MN al 100%.
- Cemento
- Arena gruesa
- Agua

b) Herramientas y equipos

- Plomada
- Plancha
- Batea

9.6.11. Ensayo de RCP

a) Materiales

- 5 pilas conformados por 3 ladrillos con MN al 0%
 - 5 pilas conformados por 3 ladrillos con MN al 25%.
 - 5 pilas conformados por 3 ladrillos con MN al 50%.
 - 5 pilas conformados por 3 ladrillos con MN al 75%.
 - 5 pilas conformados por 3 ladrillos con MN al 100%.
 - Yeso
 - Cemento
- b) Herramientas y equipos
- Prensa automática de ensayo a compresión.
 - Horno eléctrico de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
 - Regla de 30 cm acero con graduación milimétrica.
 - Tablero de anotación
 - Lapicero
 - Formato de ensayo de laboratorio.

9.7. Procedimiento de recolección de datos

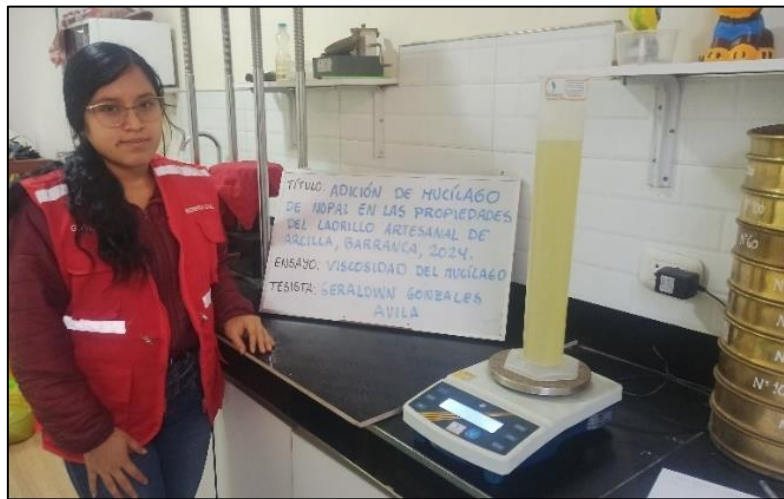
9.7.1. Ensayo de viscosidad de MN

9.7.1.1. Descripción de la actividad. El experimento consistió en preparar agua con pencas cortadas en proporciones iguales, tomando tres muestras cada tres días. El objetivo era identificar los días en los que la viscosidad era más alta y verificar si el agua estaba lista para ser utilizada.

9.7.1.2. Procedimiento.

- Primero se vertió un litro de mucílago en una probeta.
- Luego se midieron las masas de la canica y del mucílago, sin considerar el peso de la probeta, con la balanza electrónica.

Figura 2
Peso del MN mediante la balanza electrónica.



Se tomaron medida del radio de la canica con el uso de un calibre, nos servirá para hallar el volumen de la canica.

Figura 3
Medición de la canica para el ensayo de viscosidad.



Con la información recabada, se determinó la densidad del mucílagos y la canica mediante la división de la masa por su volumen. Se procedió a medir la altura de la probeta

donde se colocó el mucílago.

Figura 4

Medición de altura de probeta para el ensayo de viscosidad.



Dentro de un recipiente con mucílago, la canica se liberó y se registró el tiempo que tardó en llegar al fondo con la asistencia de un cronómetro.

Figura 5

Cálculo del tiempo en recorrer la canica en el MN.



Se calculó la velocidad de la canica, y finalmente se halló la viscosidad reemplazada los datos en la fórmula de viscosidad, mediante la ley de Stokes. Se repite el mismo proceso

en las tres muestras cada tres días.

9.7.2. Extracción de pencas de nopal

9.7.2.1. Descripción de la actividad.

Se realizó la visita de las tuneras de los alrededores de la ciudad de Barranca, por lo que para el presente estudio se optó por las tuneras ubicadas en la Urbanización la Florida y el C.P. Arguay. Estas plantas se cultivan en esta área con el propósito de cosechar sus frutos, conocidos como tunas. Se ha constatado que las condiciones son favorables para el establecimiento de las tuneras, y el clima es propicio para el crecimiento y desarrollo óptimo de las pencas de Nopal. Asimismo, se precisa que para la presente investigación se utilizaron alrededor de 60 pencas de nopal.

9.7.2.2. Procedimiento.

En primer lugar, se identificaron las tuneras que alberguen la mayor concentración de pencas jóvenes. Se aconseja llevar a cabo la extracción durante las primeras horas del día, ya que en este periodo el mucílago asciende con mayor intensidad en las pencas de Nopal.

Figura 6

Identificación de tuneras con mayor concentración de pencas jóvenes.



A continuación, se procederá a extraer las pencas de Nopal utilizando un machete o segadora.

Figura 7

Extracción de pencas de nopal con machete o segadora.



Por último, se empacarán las pencas en saquillos para su traslado posterior.

9.7.3. Extracción de mucílago de pencas de nopal

9.7.3.1. Descripción de la actividad. Una vez que se recolectaron las pencas de nopal, se efectuó el proceso de extracción del mucílago. En esta operación se llevaron a cabo la eliminación de las espinas, el recorte de las hojas, un lapso de doce días de maceración y, finalmente, la obtención del MN son las etapas de este método. Como resultado, se logró obtener aproximadamente 150 litros de sustancia viscosa.

9.7.3.2. Procedimiento. En primer lugar, se utilizó una escoba o una escobilla para quitar las espinas de los nopales. Las espinas más difíciles de quitar con la escoba se pueden quitar con pinzas o tenazas.

Figura 8
Eliminación de espinas de los nopales.



A continuación, luego de realizar el lavado de las pencas para eliminar las espinillas faltantes, se realizó el picado de las pencas de nopal con un cuchillo, cortándolas en fragmentos de aproximadamente 2 x 2 cm.

Figura 9
Lavado y picado de las pencas de nopal.



El nopal picado y el agua deben combinarse en cubos grandes en una proporción de peso a peso de 1:1. Las pencas quedaron totalmente sumergidos en el agua.

Figura 10

Mezcla del nopal picado con agua en proporción 1:1.



Se realizó el macerado durante un periodo de 12 días, ya que durante este lapso el mucílago adquiere una mayor viscosidad, según los resultados de viscosidad óptima del mucílago. Al concluir los 12 días de macerado, se llevó a cabo la extracción del MN, separándolo del material restante mediante el uso de una malla de 5 mm, y el mucílago resultante se almacenará en baldes y cilindros.

Figura 11

Obtención y almacenamiento del MN.



9.7.4. Preparación de los Ladrillos Artesanales

9.7.4.1. Descripción de la Actividad. La muestra estuvo formada por 200 ladrillos de arcilla. El contenido de mucílago se preparará en cinco concentraciones diferentes: 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN. Estas concentraciones fueron añadidas al proceso de fabricación en la ladrillera seleccionada de acuerdo con las consideraciones indicadas en el presente proyecto.

9.7.4.2. Procedimiento. Se llevó a cabo la combinación de arcilla y MN, en cantidades y concentraciones variables en función de las dosificaciones requeridas. La introducción de MN se efectuó en sustitución del agua en el peso de un ladrillo control.

Figura 12

Mezcla de arcilla y MN en diferentes dosificaciones.



Tabla 6

Materiales usados en la elaboración de 01 ladrillo artesanal para los diferentes porcentajes de MN.

% de MN	Materiales por unidad de ladrillo artesanal		
	Arcilla (gr.)	Agua (gr.)	MN (gr.)
0%	3.825	0.920	0.00
25%	3.825	0.690	0.230
50%	3.825	0.460	0.460
75%	3.825	0.230	0.690
100%	3.825	0.00	0.920

Con el personal calificado de la ladrillera, se procedió a realizar el labrado con la mezcla realizada, el labrado consistió en verter la mezcla en el molde de las unidades de albañilería para luego dejarlo secar alrededor de 7 días en un área libre con buena ventilación para un secado uniforme, antes de su cocción.

Figura 13

Labrado y secado de las unidades de albañilería.





Asimismo, luego del labrado se procedió a realizar la enumeración de los ladrillos para la identificación de los diferentes porcentajes en los ladrillos. Por lo que luego de haber secado las unidades de albañilería, se inició la fase de cocción en el horno de la ladrillera el cual fue cocido alrededor de 14 días en el horno. Finalmente se procedió al retiro de las muestras del ladrillo del horno.

Figura 14

Enumeración, cocción y retiro de los ladrillos del horno.





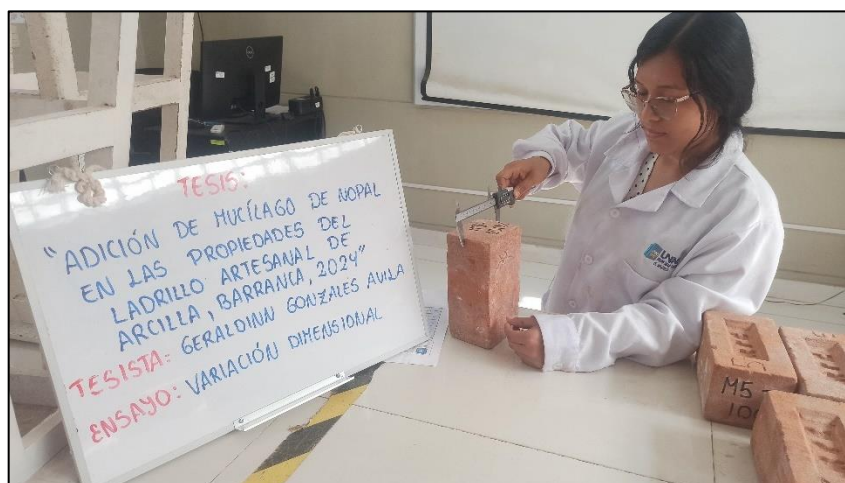
9.7.5. Ensayo de variación dimensional

9.7.5.1. Descripción de la actividad. Este ensayo tuvo como objetivo calcular la variación porcentual en las dimensiones individuales (longitud, anchura y altura) de las unidades de los ladrillos artesanales. Para llevar a cabo este análisis, se eligieron 10 muestras para cada porcentaje de MN. Este procedimiento siguió los lineamientos definidos por la NTP 399.613 y la normativa ITINTEC 331.018.

9.7.5.2. Procedimiento. En un principio, se procedió a seleccionar 10 unidades para cada proporción de MN. A partir de la mitad de los límites que definen los lados, las medidas respectivas se realizaron en los cuatros lados con una precisión de 1 mm.

Figura 15

Selección y medición de unidades con MN.



La longitud deseada se dio como la media de estas medidas, redondeada a los 0,5 mm más próximos. Se repitió este proceso para hallar la altura, ancho la longitud de cada

especímen evaluado.

Figura 16

Cálculo de dimensiones de los especímenes evaluados.



9.7.6. Ensayo de alabeo

9.7.6.1. Descripción de la actividad. Las curvaturas cóncavas y convexas de las caras principales del ladrillo fueron el foco principal de este examen. Para cada proporción de MN, se usó una muestra de diez unidades de ladrillo en esta evaluación. Para llevar a cabo este procedimiento nos ceñimos a las directrices proporcionadas por la NTP 399.613 y E.070.

9.7.6.2. Procedimiento. En una primera instancia, se seleccionaron 10 unidades para cada proporción de MN, utilizando las mismas unidades empleadas en la evaluación de la variación dimensional. Se midieron la curvatura de las dos caras primarias del ladrillo, ya sea cóncava o convexa, según proceda. El borde de la regla metálica se colocó a lo largo de la cara principal de la diagonal mayor del ladrillo para medir las superficies cóncavas. A continuación, la cuña fue ubicada en el punto de máxima curvatura y anotarse su valor.

Figura 17

Medición de la curvatura en superficies cóncavas del ladrillo.



Cuando se trató de superficies convexas, la regla metálica se colocó a lo largo de la diagonal de la cara mayor del ladrillo. A continuación, la cuña se ubicó bajo los vértices opuestos de la diagonal de la regla. Y, por último, se determinó el alabeo en la cuña con mayor medida.

Figura 18

Medición del alabeo en superficies convexas del ladrillo.



9.7.7. Ensayo de succión

9.7.7.1. Descripción de la actividad. El propósito de este test es evaluar cuánta agua puede absorber la unidad de ladrillo en un minuto. Para ello se seleccionaron cinco muestras, una por cada porcentaje de MN. Esta prueba se realizó siguiendo los lineamientos de las normas técnicas ITINTEC 331.018 y NTP 399.613.

9.7.7.2. Procedimiento. Inicialmente, se eligieron cinco unidades de ladrillos por cada % de mucílago del cactus. Los ladrillos se expusieron a un proceso de secado en una estufa (horno) a una temperatura que variaba entre 110°C y 115°C durante un día entero.

Figura 19

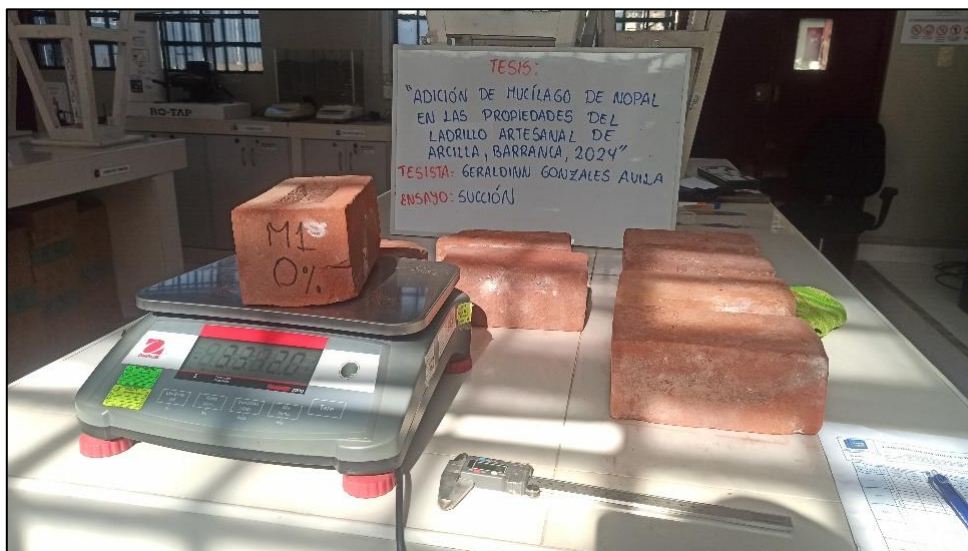
Secado de ladrillos en estufa .



El pesaje tuvo lugar una vez que los ladrillos se hayan enfriado a temperatura ambiente. Es fundamental dejar que las probetas se enfríen durante cuatro horas sin apilarlas en una zona con flujo de aire sin obstrucciones.

Figura 20

Pesaje de ladrillos tras enfriamiento a temperatura ambiente.



Luego, se llevaron a cabo mediciones de la extensión y el ancho de la superficie de la muestra que entrará en contacto con el agua. Se niveló la base del espacio de trabajo para poder colocar allí la bandeja. A continuación, se colocó un soporte fino de 6 mm de grosor y se añadió agua hasta que el nivel esté a $3\text{ mm} \pm 0,25\text{ mm}$ por encima de los soportes.

Figura 21

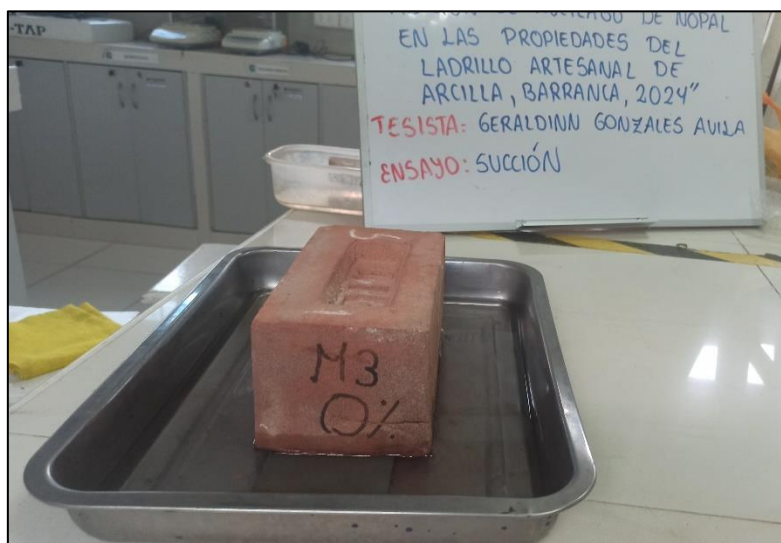
Medición de dimensiones y preparación de la bandeja con agua



A continuación, se colocó la unidad de ladrillo sobre la bandeja preparada y se apoyó sobre el soporte fino. Se asignará un minuto para ello.

Figura 22

Colocación de la unidad de ladrillo en la bandeja con agua.



Por último, se sacó la pieza de ladrillo de la bandeja, se secó con un paño la parte sumergida y se volvió a pesar. Esto dará el peso en total, teniendo en cuenta el agua absorbida

en un minuto. Una vez retirada la muestra, la superficie se secó en 10 segundos y se pesó dentro de los 2 minutos.

Figura 23

Secado y pesaje final del ladrillo para determinar la absorción de agua.



9.7.8. Ensayo de absorción

9.7.8.1. Descripción de la actividad. En esta evaluación se aplicaron los métodos estipulados en la NTP 399.613 y en la ITINTEC 331.018. Después de secar las muestras en el horno, se procedió a sumergirlas en agua durante un día completo para determinar el nivel de absorción en comparación con su estado seco.

9.7.8.2. Procedimiento. En primer lugar, se seleccionaron 5 unidades de ladrillo para cada proporción de MN. Los ladrillos fueron sometidos a una fase de secado en la estufa durante un día entero como mínimo a una temperatura que oscilaba entre 110°C y 115°C, y fueron pesados una vez que se enfriaron a T° ambiente. Se enfriaron los especímenes durante cuatro horas a temperatura ambiente sin apilarlos en una zona con flujo de aire sin obstrucciones. Se repitió el procedimiento anterior hasta que ya no se observen variaciones en el peso. Tras su secado, los ladrillos fueron completamente inmersos en un balde repleto de

agua y se aguardaron a una temperatura que oscilaba entre 15 °C y 30 °C durante un día completo.

Figura 24

Secado y pesaje de ladrillos hasta alcanzar peso constante.



Una vez transcurrido el día, se sacaron las muestras del agua fueron retiradas, la superficie mojada se limpió con un paño húmedo y se procedió a pesarlas en un plazo máximo de cinco minutos tras el secado.

Figura 25

Inmersión, secado superficial y pesaje final de los ladrillos.





El eje longitudinal del ladrillo y el eje del compresor estuvieron alineados cuando el espécimen se coloca dentro de la máquina de compresión. Se aplicó la fuerza de ruptura moviendo los cabezales a una velocidad de 1,25 mm por minuto.

Figura 27

Ensayo de compresión y aplicación de carga.



Con la rotura de las unidades, se observó la presencia de dos formas de fallo: el tipo más frecuente, el fallo por aplastamiento, y el fallo por cizallamiento, provocado por la acción de la carga vertical.

Figura 28

Modos de falla en los ladrillos tras el ensayo de compresión.



9.7.10. Construcción de pilas de albañilería

9.7.10.1. Descripción de la actividad. Se edificaron en total 25 prismas, con 5 muestras de prismas para cada porcentaje de MN, cada uno compuesto por 3 ladrillos. Se edificaron los prismas siguiendo los requisitos indicados en la regla E.070, utilizando una capa de mortero de al menos 1 centímetro de grosor. La combinación empleada contó con una relación de 1 parte de cemento por cada 4 partes de arena fina. Además, la altura de los prismas se ajustó al rango de esbeltez definido en dicha norma, situándose entre 2 y 5.

9.7.10.2. Procedimiento. Se eligieron los ladrillos más uniformes, 5 unidades por cada porcentaje, dejando una superficie libre de polvo para una mejor adherencia.

Figura 29

Selección y limpieza de ladrillos para mejor adherencia.



Previo a la construcción, se realizó el remojo de los ladrillos media hora antes para mejorar la consistencia con el mortero.

Figura 30

Remojo de los ladrillos antes de la construcción para mejorar la adherencia con el mortero.



Se procedió con la elaboración del mortero utilizando una dosis de 1 parte de cemento por 4 partes de arena fina.

Figura 31

Mezcla de cemento y arena fina en una medida de 1 parte de cemento por cada 4 partes de arena para hacer el mortero.



El equipo experto inició la edificación de los conjuntos de tres pilares, revisando elementos como la perpendicularidad con un nivel manual, el grosor del mortero, que debe ser de al menos 1.00 mm y no exceder los 1.5 mm, conectándolos sucesivamente.

Figura 32

Construcción de pilas de ladrillos verificando verticalidad y espesor del mortero.



Se realizó el control de la verticalidad en sus 4 lados de la pila.

Figura 33

Control de verticalidad en los cuatro lados de la pila.



Culminada la construcción de las pilas, se realizó el curado durante siete días. Asimismo, se realizó el refrentado de yeso con cemento en una proporción 2:1 con un grosor inferior a 3.00 mm, en la parte superior e inferior de la pila.

Figura 34

Curado de las pilas durante siete días y aplicación de refrentado con yeso y cemento.



9.7.11. Ensayo de RCP

9.7.11.1. Descripción de la actividad. Transcurridos 14 días desde su fabricación, las pilas de mampostería fueron empleadas en la prueba de RCP, siguiendo lo estipulado en el apartado 5.1.6 de la norma E.070. Estos prismas fueron sometidos a cargas axiales con el fin de obtener el valor de f_m , lo que permitió calcular tanto el módulo de elasticidad (E_m) como el módulo de corte (G_m), parámetros esenciales para el diseño estructural de los muros. El procedimiento experimental se hizo conforme a las especificaciones de la regla E.070 y la normativa técnica NTP 399.605.

9.7.11.2. Procedimiento. Con ayuda de una regla metálica se midió la longitud, anchura y altura del prisma. Se colocó la muestra con la superficie más plana sobre el soporte de la máquina a compresión. Para hallar la carga final, se colocó entre los cabezales una carga con una velocidad de desplazamiento de 1,25 mm/min.

Figura 35

Medición de dimensiones del prisma y preparación para la prueba de compresión.

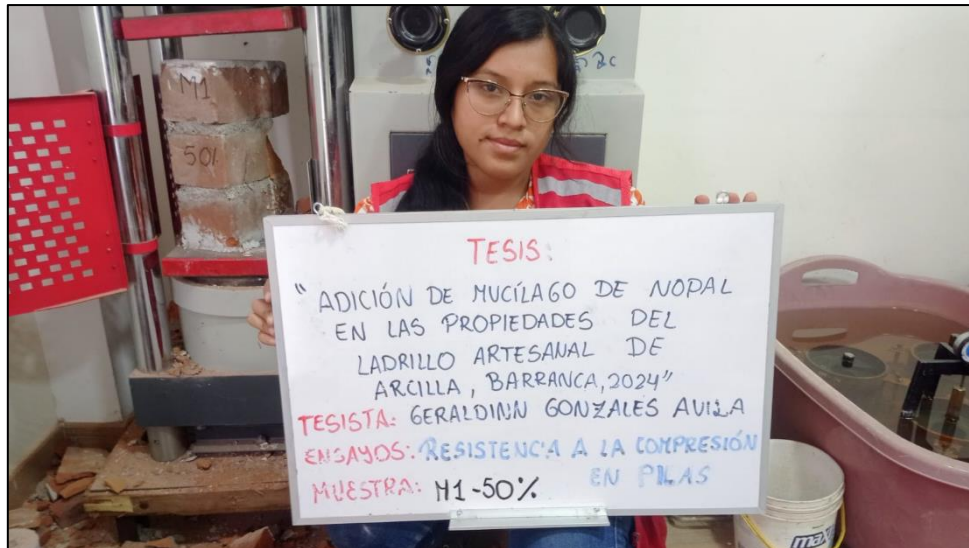


La carga se aplicó de forma continua hasta que falle, momento en el que se examinará el comportamiento de los pilotes bajo cargas axiales, teniendo en cuenta la eventualidad de un error perfecto o un error causado por la compresión de las pilas.

Figura 36

Aplicación de carga axial y observación del fallo en los pilotes





9.8. Técnicas para el procesamiento de información

Para lograr un procesamiento efectivo de los datos recopilados a partir de diversas pruebas de laboratorio, se empleó una o laptop con el objetivo de realizar los trabajos de gabinete. En esta etapa se efectuó la estructuración y la evaluación de los datos utilizando hojas de cálculo en Microsoft Excel. También se crearon diagramas comparativos con el fin de asegurar una representación clara y exacta de los datos recopilados, lo cual simplificó el análisis y la verificación de la hipótesis dentro del marco de la indagación.

Con la finalidad mencionada, se empleó el programa estadístico SPSS para llevar a cabo la evaluación de la distribución normal de la data recopilada. Gracias al análisis realizado, se pudo establecer si era necesario utilizar una prueba de hipótesis paramétrica o no paramétrica. De este modo, se pretendió determinar si la inclusión de MN provocó una alteración importante en las cualidades físico-mecánicas de los ladrillos hechos a mano, tomando en cuenta el nivel de significancia establecido para esta investigación ($p < 0.05$).

En caso de que el valor de p fuera menor a dicho umbral, se consideraría que existió un cambio significativo; de lo contrario, no habría suficiente evidencia estadística para afirmar que la variación en las propiedades fue significativa. Mediante esta metodología, se logró un tratamiento detallado y organizado de la información, asegurando la confiabilidad y precisión de las cifras analizadas. Por otro lado, es fundamental destacar que los resultados fueron analizados conforme a las normas técnicas peruanas vigentes en relación con los ladrillos.

9.9. Presentación de resultados

Las conclusiones derivadas de la investigación se organizaron y se ilustraron mediante tablas y representaciones gráficas. Representan objeto de comparación, análisis y debate académico. Se estableció si la adición de baba de nopal en los porcentajes de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% potencia los atributos físico-mecánicos del ladrillo manufacturado, fundamentándose en el procesamiento de datos.

Los investigadores de todo el país podrán acceder a los resultados. Esto ayudará a profesores, estudiantes universitarios y, lo que es más importante, a los habitantes de Barranca, a aumentar sus conocimientos sobre los ladrillos de arcilla elaborado artesanalmente.

X. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente proyecto de tesis está cubierto por estándares de investigación éticos; que cumplen con lo establecido en la Resolución de la Comisión Organizadora N°864-2023 UNAB, denominada: “Directiva de Normas y procedimientos para trabajos de investigación, tesis y trabajo de suficiencia profesional conducentes a la obtención de grado académico de bachiller y título profesional”.

En estricto apego al artículo 11.8 de dicha directiva, se garantizó no exceder el 20% de similitud según el informe del programa antiplagio Turnitin, y se alcanzó el máximo nivel de originalidad posible en el desarrollo de esta investigación.

De igual manera, este estudio se rige por los valores y directrices recopilados del Código Nacional de la Integridad Científica; el cual busca asegurar la honestidad en la investigación científica, el progreso tecnológico y la creatividad, promoviendo al mismo tiempo la aplicación de los métodos más adecuados.

En este contexto, el presente trabajo se fundamentó en los siguientes valores fundamentales: responsabilidad, transparencia, objetividad, veracidad e integridad. Estos principios no solo orientaron la conducción de la investigación, sino que también garantizaron la fiabilidad y la ética en todos los aspectos del proceso científico.

Además, los principios establecidos en el Código europeo de conducta para la integridad en la investigación fueron fundamentales en este estudio. Estos principios incluyeron la fiabilidad, que aseguró la calidad del estudio a través de una metodología sólida, un análisis riguroso y la gestión adecuada de recursos. Además, la honestidad se refleja en la realización del análisis de manera clara y con una exposición imparcial y exhaustiva de los datos logrados. Finalmente, la responsabilidad se muestra en todas las fases de la realización de esta iniciativa.

XI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1. Resultados

11.1.1. Ensayo de viscosidad de MN

Tabla 7

Hallazgos del ensayo de viscosidad de MN de la muestra N°01.

Días	Descripción	Masa (g)	Radio de canica (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Distancia (cm)	Tiempo (seg)	Gravedad (cm/seg ²)	Velocidad (cm/seg)	Viscosidad (Poise)
A LOS 3 DIAS	CANICA	20	1.25	8.181	2.445	35	0.320	981	109.375	4.491
	MUCÍLAGO	1002.5		1000	1.003					
A LOS 6 DIAS	CANICA	20	1.25	8.181	2.445	35	0.410	981	85.366	5.752
	MUCÍLAGO	1003		1000	1.003					
A LOS 9 DIAS	CANICA	20	1.25	8.181	2.445	35	0.510	981	68.627	7.153
	MUCÍLAGO	1003.5		1000	1.004					
A LOS 12 DIAS	CANICA	20	1.25	8.181	2.445	35	0.580	981	60.345	8.084
	MUCÍLAGO	1012.5		1000	1.013					
A LOS 15 DIAS	CANICA	20	1.25	8.181	2.445	35	0.520	981	67.308	7.240
	MUCÍLAGO	1014		1000	1.014					
A LOS 18 DIAS	CANICA	20	1.25	8.181	2.445	35	0.500	981	70.000	6.952
	MUCÍLAGO	1016		1000	1.016					
A LOS 21 DIAS	CANICA	20	1.25	8.181	2.445	35	0.450	981	77.778	6.287
	MUCÍLAGO	1009		1000	1.009					
A LOS 24 DIAS	CANICA	20	1.25	8.181	2.445	35	0.410	981	85.366	5.740
	MUCÍLAGO	1006		1000	1.006					
A LOS 27 DIAS	CANICA	20	1.25	8.181	2.445	35	0.400	981	87.500	5.604
	MUCÍLAGO	1005		1000	1.005					
A LOS 30 DIAS	CANICA	20	1.25	8.181	2.445	35	0.320	981	109.375	4.402
	MUCÍLAGO	1031		1000	1.031					

Tabla 8*Hallazgos del ensayo de viscosidad de MN de la muestra N°02.*

Días	Descripción	Masa (g)	Radio de canica (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Distancia (cm)	Tiempo (seg)	Gravedad (cm/seg ²)	Velocidad (cm/seg)	Viscosidad (Poise)
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
3	MUCÍLAGO	1002.5		1000	1.003	35	0.26	981	134.615	3.649
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
6	MUCÍLAGO	1003		1000	1.003	35	0.4	981	87.500	5.612
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
9	MUCÍLAGO	1003.5		1000	1.004	35	0.48	981	72.917	6.732
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
12	MUCÍLAGO	1010.5		1000	1.011	35	0.62	981	56.452	8.653
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
15	MUCÍLAGO	1013.5		1000	1.014	35	0.58	981	60.345	8.078
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
18	MUCÍLAGO	1014		1000	1.014	35	0.5	981	70.000	6.961
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
21	MUCÍLAGO	1007.5		1000	1.008	35	0.42	981	83.333	5.874
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
24	MUCÍLAGO	1006.5		1000	1.007	35	0.39	981	89.744	5.458
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
27	MUCÍLAGO	1004		1000	1.004	35	0.36	981	97.222	5.047
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
30	MUCÍLAGO	1003		1000	1.003	35	0.27	981	129.630	3.788
DIAS										

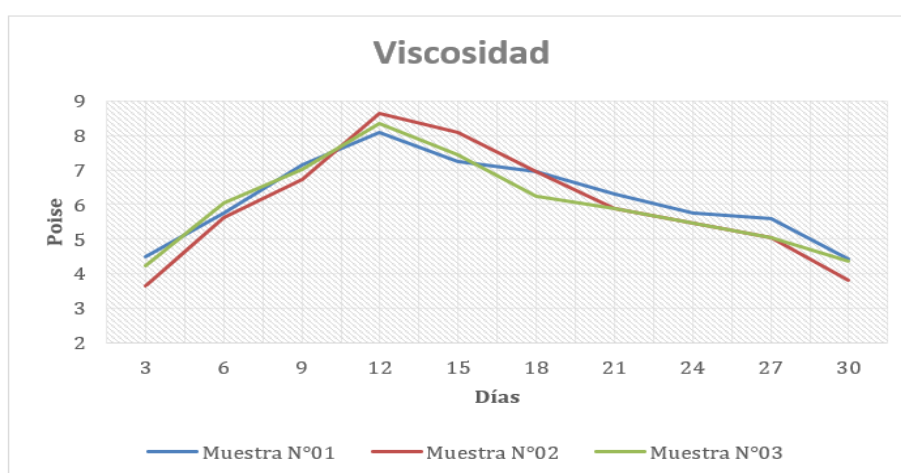
Tabla 9*Hallazgos del ensayo de viscosidad de MN de la muestra N°03.*

Días	Descripción	Masa (g)	Radio de canica (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Distancia (cm)	Tiempo (seg)	Gravedad (cm/seg ²)	Velocidad (cm/seg)	Viscosidad (Poise)
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
3	MUCÍLAGO	1002.5		1000	1.003	35	0.3	981	116.667	4.210
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
6	MUCÍLAGO	1004		1000	1.004	35	0.43	981	81.395	6.029
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
9	MUCÍLAGO	1003.5		1000	1.004	35	0.5	981	70.000	7.013
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
12	MUCÍLAGO	1013.5		1000	1.014	35	0.6	981	58.333	8.357
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
15	MUCÍLAGO	1004.5		1000	1.005	35	0.53	981	66.038	7.428
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
18	MUCÍLAGO	1017		1000	1.017	35	0.45	981	77.778	6.252
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
21	MUCÍLAGO	1009.5		1000	1.010	35	0.42	981	83.333	5.866
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
24	MUCÍLAGO	1005.5		1000	1.006	35	0.39	981	89.744	5.462
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
27	MUCÍLAGO	1004		1000	1.004	35	0.36	981	97.222	5.047
DIAS										
A	CANICA	20	1.25	8.181	2.445					
LOS										
30	MUCÍLAGO	1002		1000	1.002	35	0.31	981	112.903	4.352
DIAS										

Tabla 10
Promedio del ensayo de viscosidad de MN.

DÍAS	VISCOSIDAD (Poise)			PROMEDIO Poise (P)
	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02	MUESTRA N°03	
03 DÍAS	4.491	3.649	4.210	4.117
06 DÍAS	5.752	5.612	6.029	5.798
09 DÍAS	7.153	6.732	7.013	6.966
12 DÍAS	8.084	8.653	8.357	8.365
15 DÍAS	7.240	8.078	7.428	7.582
18 DÍAS	6.952	6.961	6.252	6.722
21 DÍAS	6.287	5.874	5.866	6.009
24 DÍAS	5.740	5.458	5.462	5.554
27 DÍAS	5.604	5.047	5.047	5.233
30 DÍAS	4.402	3.788	4.352	4.181

Figura 37
Ensayo de viscosidad del MN en función del tiempo.



El ensayo de viscosidad del MN se realizó mediante la preparación de una mezcla de agua con pencas cortadas en la misma proporción, analizando tres muestras cada tres días. Su propósito fue determinar el período en el que el mucílago alcanza su mayor viscosidad, información clave para su aplicación en estudios posteriores. Los resultados mostraron un incremento progresivo en los primeros días, pasando de 4.117 Poise en el día 3 a 5.798 Poise en el día 6, y alcanzando su punto máximo de 8.365 Poise en el día 12. A partir de este punto, la viscosidad comenzó a disminuir gradualmente, registrándose 7.582 Poise en el día 15 y descendiendo hasta 4.181 Poise en el día 30. Estos hallazgos indican que el MN presenta su mayor viscosidad en el día 12, lo que permite establecer una referencia para su aplicación en los ensayos previstos en la presente investigación.

11.1.2. Determinación de la incidencia de la introducción de MN en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla

Tabla 11

Resultados de la variación dimensional del ladrillo con 0% de MN.

Espécimen	LARGO					ANCHO					ALTO					
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP	
M1-0%	204	203	203	203	203.25	105	103	104	107	104.75	92	91	93	94	92.50	
M2-0%	201	200	199	203	200.75	103	100	101	103	101.75	87	87	87	89	87.50	
M3-0%	199	200	199	201	199.75	104	100	107	107	104.50	89	86	86	87	87.00	
M4-0%	201	203	205	199	202.00	104	100	101	107	103.00	87	87	88	87	87.25	
M5-0%	203	206	205	204	204.50	102	102	104	108	104.00	85	83	87	86	85.25	
M6-0%	199	200	204	204	201.75	103	100	103	105	102.75	89	89	86	85	87.25	
M7-0%	205	207	200	206	204.50	102	100	102	110	103.50	87	86	89	87	87.25	
M8-0%	203	200	205	205	203.25	100	104	105	105	103.50	90	91	90	94	91.25	
M9-0%	203	203	200	205	202.75	102	100	102	105	102.25	89	84	86	88	86.75	
M10-0%	205	204	200	197	206.00	97	100	110	105	103.00	87	88	86	86	86.75	
Dimensión Promedio (mm)					Dp=	202.85				Dp=	103.30				Dp=	87.88
Dimensión Especificada por el fabricante (mm)					De=	200.00				De=	105.00				De=	90.00
Variación Dimensional (%)					V%=	-1.42%				V%=	1.62%				V%=	2.36%

Tabla 12

Resultados de la variación dimensional del ladrillo con 25% de MN.

Espécimen	LARGO					ANCHO					ALTO					
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP	
M1-25%	203	205	205	204	204.25	106	107	111	111	108.75	87	89	89	89	88.50	
M2-25%	206	203	205	206	205.00	106	110	109	105	107.50	91	90	90	90	90.25	
M3-25%	205	203	205	204	204.25	110	105	105	109	107.25	88	89	89	88	88.50	
M4-25%	203	201	205	204	203.25	105	105	110	113	108.25	90	87	87	88	88.00	
M5-25%	203	202	203	202	202.50	107	106	108	106	106.75	87	89	89	90	88.75	
M6-25%	201	204	203	203	202.75	105	106	105	107	105.75	88	91	90	90	89.75	
M7-25%	205	204	203	203	203.75	107	107	106	107	106.75	90	89	89	88	89.00	
M8-25%	204	204	203	204	203.75	110	111	108	107	109.00	91	88	89	89	89.25	
M9-25%	205	206	204	203	204.50	109	108	107	107	107.75	90	87	88	91	89.00	
M10-25%	201	203	204	203	202.75	104	105	103	105	104.25	91	90	90	89	90.00	
Dimensión Promedio (mm)					Dp=	203.68				Dp=	107.20				Dp=	89.10
Dimensión Especificada por el fabricante (mm)					De=	200.00				De=	105.00				De=	90.00
Variación Dimensional (%)					V%=	-1.84%				V%=	-2.10%				V%=	1.00%

Tabla 13*Resultados de la variación dimensional del ladrillo con 50% de MN.*

Especimen	LARGO				ANCHO					ALTO						
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP	
M1-50%	203	204	205	204	204.00	102	103	106	110	105.25	90	89	90	88	89.25	
M2-50%	203	205	208	204	205.00	104	104	108	108	106.00	88	89	90	90	89.25	
M3-50%	205	205	208	205	205.75	105	104	108	108	106.25	90	87	86	89	88.00	
M4-50%	200	201	203	200	201.00	102	102	106	105	103.75	89	88	91	88	89.00	
M5-50%	202	200	204	203	202.25	109	105	106	110	107.50	88	88	90	87	88.25	
M6-50%	200	201	207	200	202.00	105	106	106	110	106.75	90	90	90	89	89.75	
M7-50%	202	203	202	200	201.75	105	104	106	109	106.00	88	89	89	87	88.25	
M8-50%	203	208	200	203	203.50	105	106	108	105	106.00	89	90	91	89	89.75	
M9-50%	203	202	201	203	202.25	106	105	106	107	106.00	91	89	89	88	89.25	
M10-50%	200	203	202	202	201.75	107	105	106	106	106.00	89	89	90	90	89.50	
Dimensión Promedio (mm)					Dp=	202.93				Dp=	105.95				Dp=	89.03
Dimensión Especificada por el fabricante (mm)					De=	200.00				De=	105.00				De=	90.00
Variación Dimensional (%)					V%=	-1.47%				V%=	-0.90%				V%=	1.08%

Tabla 14*Resultados de la variación dimensional del ladrillo con 75% de MN.*

Especimen	LARGO				ANCHO					ALTO						
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP	
M1-75%	201	203	204	201	202.25	105	105	105	107	105.50	91	89	90	90	90.00	
M2-75%	199	203	204	204	202.50	109	105	105	110	107.25	88	87	89	89	88.25	
M3-75%	205	205	205	205	205.00	108	105	107	108	107.00	87	90	90	89	89.00	
M4-75%	202	203	204	203	203.00	106	105	108	109	107.00	89	88	88	90	88.75	
M5-75%	202	203	204	204	203.25	106	106	106	110	107.00	90	90	89	89	89.50	
M6-75%	198	200	201	199	199.50	105	104	105	106	105.00	90	90	89	91	90.00	
M7-75%	200	201	201	200	200.50	104	104	106	105	104.75	91	90	89	89	89.75	
M8-75%	204	204	203	205	204.00	106	107	105	105	105.75	91	90	88	89	89.50	
M9-75%	205	204	206	203	204.50	107	107	105	106	106.25	88	89	88	90	88.75	
M10-75%	200	201	201	199	200.25	107	108	108	105	107.00	90	89	89	91	89.75	
Dimensión Promedio (mm)					Dp=	202.48				Dp=	106.25				Dp=	89.33
Dimensión Especificada por el fabricante (mm)					De=	200.00				De=	105.00				De=	90.00
Variación Dimensional (%)					V%=	-1.24%				V%=	-1.19%				V%=	0.75%

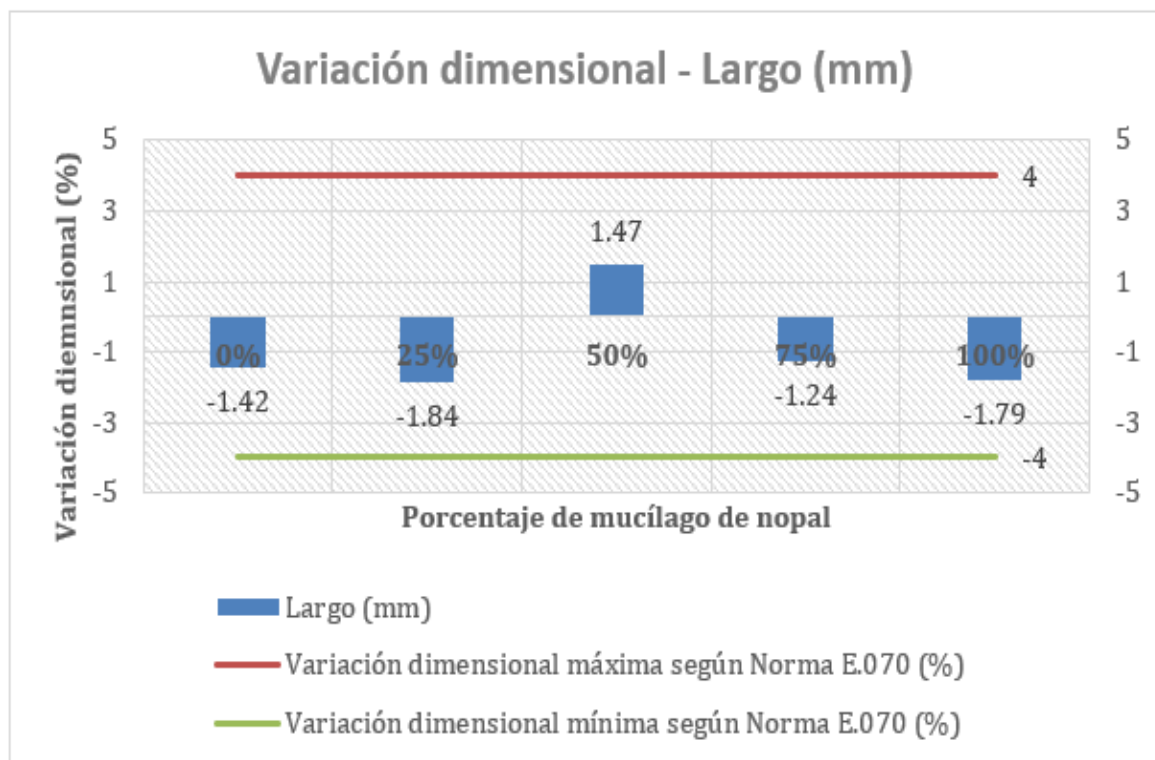
Tabla 15

Resultados de la variación dimensional del ladrillo con 100% de MN.

Especimen	LARGO					ANCHO					ALTO								
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP				
M1-100%	204	203	205	204	204.00	108	106	114	111	109.75	88	90	90	90	89.50				
M2-100%	204	204	203	203	203.50	107	102	105	108	105.50	89	90	87	88	88.50				
M3-100%	202	205	205	203	203.75	106	105	106	113	107.50	92	90	88	88	89.50				
M4-100%	202	205	206	203	204.00	107	105	108	112	108.00	90	88	90	91	89.75				
M5-100%	202	200	205	201	202.00	107	108	105	110	107.50	91	91	88	89	89.75				
M6-100%	202	201	205	203	202.75	104	105	105	104	104.50	88	89	90	91	89.50				
M7-100%	203	205	200	203	202.75	105	106	105	104	105.00	91	89	88	89	89.25				
M8-100%	205	205	204	203	204.25	107	106	107	105	106.25	88	91	89	89	89.25				
M9-100%	205	204	204	202	203.75	107	106	105	105	105.75	89	89	86	89	88.25				
M10-100%	205	205	206	204	205.00	108	110	107	106	107.75	90	89	88	91	89.50				
Dimensión Promedio (mm)					Dp=	203.58				Dp=	106.75				Dp=	89.28			
Dimensión Especificada por el fabricante (mm)					De=	200.00				De=	105.00				De=	90.00			
Variación Dimensional (%)					V%=	-1.79%				V%=	-1.67%				V%=	0.80%			

Figura 38

Variación dimensional en la longitud de ladrillos de arcilla con diferentes porcentajes de MN.

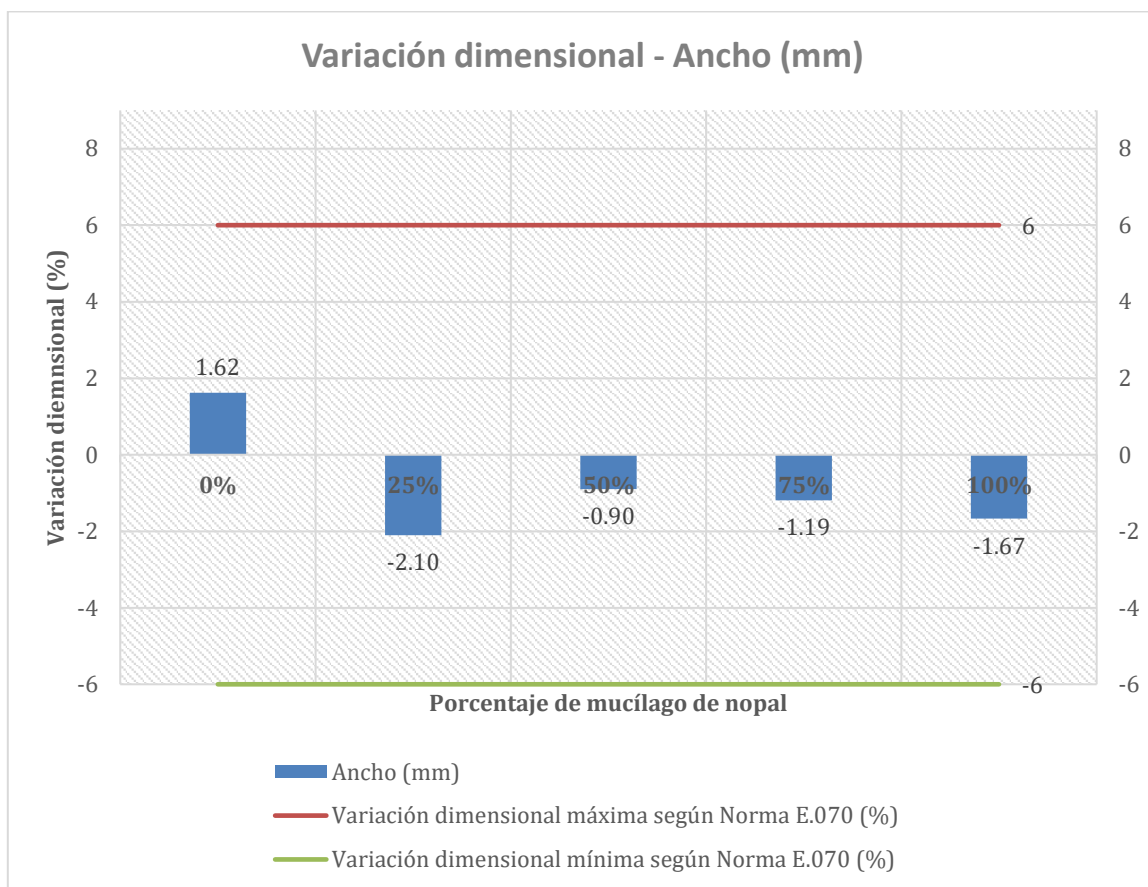


Durante el análisis de la variación en las dimensiones de los ladrillos hechos a mano de arcilla tipo I, se constató que todas las muestras se encontraban dentro de los márgenes establecidos por el reglamento E.070, asegurando su conformidad en términos de dimensiones.

Para la longitud, la presente norma establece un rango de variación permitido entre -4% y 4%. Los valores obtenidos en las muestras se mantuvieron dentro de este margen, con una variación de -1.42% en la muestra sin mucílago (0%), -1.84% en la de 25%, 1.47% en la de 50%, -1.24% en la de 75% y -1.79% en la de 100%. Esto indica que ninguna muestra excede los límites normativos, evidenciando una buena estabilidad dimensional en la longitud. La muestra sin mucílago presentó una variación dentro de un rango similar a las demás, lo que sugiere que la adición de mucílago no genera alteraciones significativas en la estabilidad dimensional del ladrillo en términos de longitud.

Figura 39

Variación dimensional del ancho en ladrillos de arcilla con distintos porcentajes de MN.

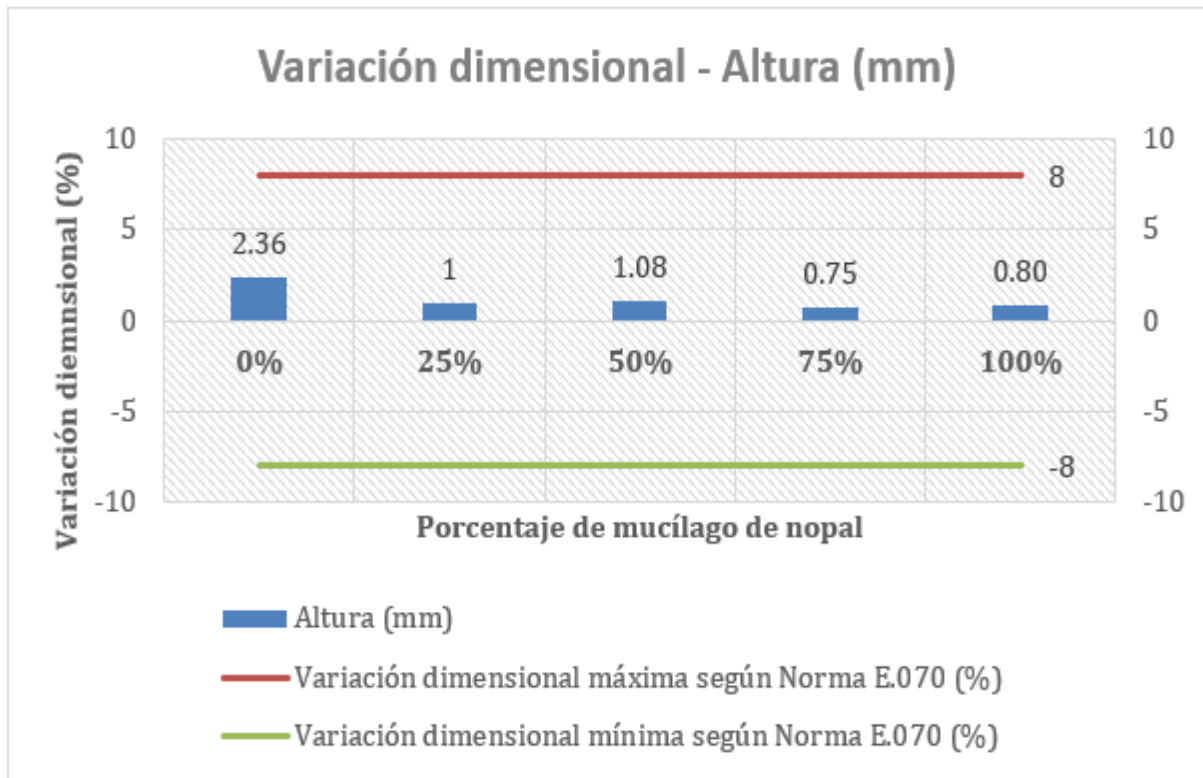


En cuanto al ancho, la norma E.070 permite una variación de hasta $\pm 6\%$. Los valores obtenidos se mantuvieron dentro de este rango, con una variación de 1.62% en la muestra sin mucílago (0%), -2.10% en la de 25%, -0.90% en la de 50%, -1.19% en la de 75% y -1.67% en la de 100%. Esto indica que ninguna muestra supera los límites establecidos, asegurando estabilidad dimensional en esta medida. La muestra sin mucílago mostró una variación positiva, mientras que las demás presentaron valores negativos, aunque dentro del margen permitido. Esto sugiere que la inclusión de mucílago no genera modificaciones notables en el

ancho del ladrillo y que la estabilidad de esta dimensión se mantiene sin afectar la calidad del material.

Figura 40

Variación dimensional de la altura en ladrillos de arcilla con distintos porcentajes de MN.



Respecto a la altura, la norma E.070 permite una variación de hasta $\pm 8\%$, y los valores obtenidos se mantuvieron dentro de este rango. La muestra sin mucílago (0%) presentó la mayor variación con 2.36%, mientras que la menor correspondió a la muestra con 75% de mucílago, con un 0.75%. En las demás proporciones, las variaciones fueron de 1% (25%), 1.08% (50%) y 0.80% (100%). Los resultados muestran que al añadir mucílago no se observan diferencias importantes en la altura del ladrillo, sugiriendo que su inclusión podría promover una mayor homogeneidad en este aspecto y ayudar a mantener la estabilidad del material.

11.1.3. Determinación de la incidencia de la inclusión de MN en el alabeo del ladrillo artesanal de arcilla

Tabla 16*Resultados del alabeo del ladrillo con 0% de MN.*

Especimen	Cara inferior			
	Convexidad			Concavidad
	Lado Izq. (mm)	Lado Der. (mm)	Máxima convexidad (mm)	Centro o punto máximo (mm)
M1-0%	2.50	2.00	2.50	
M2-0%	2.00	0.50	2.00	
M3-0%	3.00	2.50	3.00	
M4-0%				3.00
M5-0%	2.00	1.50	2.00	
M6-0%	3.00	2.50	3.00	
M7-0%	3.50	4.00	4.00	
M8-0%	4.00	4.00	4.00	
M9-0%	3.50	1.00	3.50	
M10-0%	4.50	2.00	4.50	
	Promedio		3.17	3.00

Tabla 17*Resultados del alabeo del ladrillo con 25% de MN.*

Especimen	Cara inferior			
	Convexidad			Concavidad
	Lado Izq. (mm)	Lado Der. (mm)	Máxima convexidad (mm)	Centro o punto máximo (mm)
M1-25%				3.00
M2-25%	3.50	2.50	3.50	
M3-25%	2.00	2.00	2.00	
M4-25%	3.50	0.50	3.50	
M5-25%	4.50	3.00	4.50	
M6-25%				2.50
M7-25%	1.50	0.50	1.50	
M8-25%	2.00	2.00	2.00	
M9-25%	3.50	3.00	3.50	
M10-25%	4.00	2.50	4.00	
	Promedio		3.06	2.75

Tabla 18*Resultados del alabeo del ladrillo con 50% de MN.*

Especímen	Cara inferior			
	Convexidad			Concavidad
	Lado Izq. (mm)	Lado Der. (mm)	Máxima convexidad (mm)	Centro o punto máximo (mm)
M1-50%	4.00	2.00	4.00	
M2-50%	3.00	3.00	3.00	
M3-50%	4.00	3.00	4.00	
M4-50%	1.50	2.00	2.00	
M5-50%	3.50	2.00	3.50	
M6-50%	3.00	2.50	3.00	
M7-50%				3.00
M8-50%				2.00
M9-50%	1.50	1.00	1.50	
M10-50%	2.00	0.50	2.00	
	Promedio		2.88	2.50

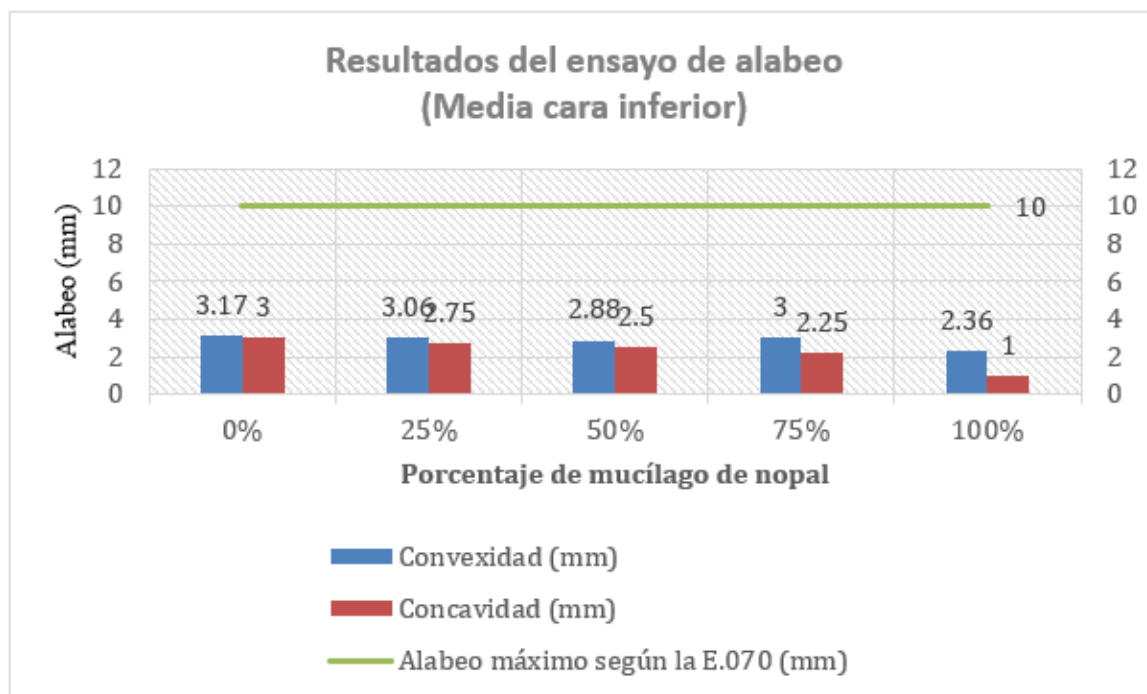
Tabla 19*Resultados del alabeo del ladrillo con 75% de MN.*

Especímen	Cara inferior			
	Convexidad			Concavidad
	Lado Izq. (mm)	Lado Der. (mm)	Máxima convexidad (mm)	Centro o punto máximo (mm)
M1-75%	3.50	4.00	4.00	
M2-75%	3.00	0.50	3.00	
M3-75%	3.50	2.50	3.50	
M4-75%	0.50	2.00	2.00	
M5-75%	1.00	1.50	1.50	
M6-75%				2.50
M7-75%	3.00	1.50	3.00	
M8-75%	2.00	2.00	2.00	
M9-75%	1.50	5.00	5.00	
M10-75%				2.00
	Promedio		3.00	2.25

Tabla 20
Resultados del alabeo del ladrillo con 100% de MN.

Espécimen	Cara inferior			
	Convexidad		Máxima convexidad (mm)	Concavidad
	Lado Izq. (mm)	Lado Der. (mm)		
M1-100%				1.00
M2-100%	2.00	2.50	2.50	
M3-100%	3.50	2.00	3.50	
M4-100%	2.00	2.50	2.50	
M5-100%	2.00	1.50	2.00	
M6-100%	2.00	1.00	2.00	
M7-100%				0.50
M8-100%	1.50	2.00	2.00	
M9-100%	2.00	2.00	2.00	
M10-100%				1.50
Promedio			2.36	1.00

Figura 41
Alabeo en ladrillos artesanales de arcilla con distintos porcentajes de MN.



Los datos del alabeo en ladrillos de arcilla tipo I con distintas concentraciones de MN, y en todos los escenarios los resultados estuvieron por debajo del tope máximo de 10 mm establecido en la regla E.070 de construcción. Para los ladrillos sin mucílago, la convexidad

promedio fue de 3.17 mm y la concavidad de 3.00 mm. Con un 25% de mucílago, estos valores disminuyeron ligeramente a 3.06 mm y 2.75 mm, respectivamente. A medida que aumentó el porcentaje de mucílago, los valores tendieron a reducirse: con un 50%, la convexidad promedio fue de 2.88 mm y la concavidad de 2.50 mm, mientras que con un 75% se obtuvo una convexidad de 3.00 mm y una concavidad de 2.25 mm. Finalmente, con un 100% de mucílago, se alcanzó la menor convexidad promedio de 2.36 mm y la concavidad más baja de 1.00 mm. Estos resultados sugirieron que el MN contribuyó a una menor deformación del ladrillo, lo que pudo optimizar su estabilidad dimensional y desempeño estructural.

11.1.4. Determinación de la implicancia que tiene la inclusión de MN en la succión del ladrillo de arcilla

Tabla 21

Resultados de la succión del ladrillo con 0% de MN.

Espécimen	Dimensiones		Área Superficie (cm ²)	Peso Seco (gr)	Peso mojado (gr)	Succión (gr/min/200cm ²)	Succión promedio (gr/min/200 cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)					
M1-0%	20.73	11.33	234.87	3378.00	3481.50	88.13	
M2-0%	20.30	10.93	221.88	3386.50	3436.50	45.07	
M3-0%	20.73	11.34	235.08	3401.00	3439.50	32.76	66.96
M4-0%	20.58	11.41	234.82	3382.00	3464.50	70.27	
M5-0%	20.75	11.39	236.34	3415.00	3531.50	98.59	

Tabla 22

Resultados de la succión del ladrillo con 25% de MN.

Espécimen	Dimensiones		Área Superficie (cm ²)	Peso Seco (gr)	Peso mojado (gr)	Succión (gr/min/200cm ²)	Succión promedio (gr/min/200 cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)					
M1-25%	20.73	11.20	232.18	3334.50	3405.50	61.16	
M2-25%	20.74	11.44	237.27	3391.50	3492.50	85.14	
M3-25%	20.74	11.35	235.40	3450.50	3517.00	56.50	63.08
M4-25%	20.74	11.50	238.51	3362.50	3430.00	56.60	
M5-25%	20.74	11.28	233.95	3406.00	3471.50	56.00	

Tabla 23*Resultados de la succión del ladrillo con 50% de MN.*

Especimen	Dimensiones		Área Superficie (cm ²)	Peso Seco (gr)	Peso mojado (gr)	Succión (gr/min/200cm ²)	Succión promedio (gr/min/200 cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)					
M1-50%	20.74	11.54	239.34	3311.50	3382.50	59.33	
M2-50%	20.53	10.84	222.55	3379.00	3412.50	30.11	
M3-50%	20.66	11.33	234.08	3318.00	3363.00	38.45	53.84
M4-50%	20.54	11.06	227.17	3367.50	3430.50	55.46	
M5-50%	20.74	11.29	234.15	3350.00	3450.50	85.84	

Tabla 24*Resultados de la succión del ladrillo con 75% de MN.*

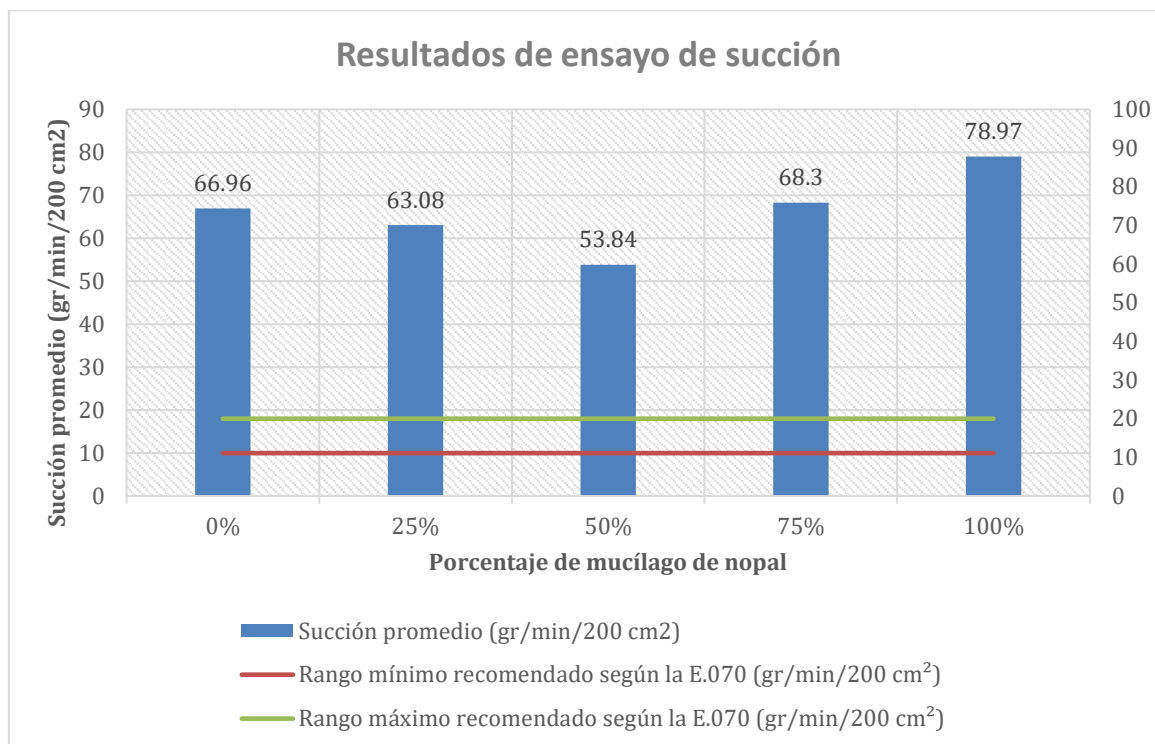
Especimen	Dimensiones		Área Superficie (cm ²)	Peso Seco (gr)	Peso mojado (gr)	Succión (gr/min/200cm ²)	Succión promedio (gr/min/200 cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)					
M1-75%	20.74	11.28	233.95	3378.50	3438.00	50.87	
M2-75%	20.74	11.14	231.04	3379.00	3437.50	50.64	
M3-75%	20.80	11.14	231.71	3399.00	3489.50	78.11	68.30
M4-75%	20.74	11.49	238.30	3423.00	3523.50	84.35	
M5-75%	20.73	10.95	226.99	3385.00	3473.00	77.54	

Tabla 25*Resultados de la succión del ladrillo con 100% de MN.*

Especimen	Dimensiones		Área Superficie (cm ²)	Peso Seco (gr)	Peso mojado (gr)	Succión (gr/min/200cm ²)	Succión promedio (gr/min/200 cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)					
M1-100%	20.54	10.76	221.01	3312.00	3394.50	74.66	
M2-100%	19.94	10.43	207.97	3121.00	3212.00	87.51	
M3-100%	20.23	10.87	219.90	3085.00	3173.00	80.04	78.97
M4-100%	20.29	11.03	223.80	3104.50	3186.50	73.28	
M5-100%	20.56	10.85	223.08	3315.00	3403.50	79.35	

Figura 42

Incidencia del MN en la succión de agua de ladrillos artesanales de arcilla tipo I.



Se verificó una disminución inicial en los resultados de la absorción de agua en los ladrillos de arcilla tipo I a medida que se aumentaba la cantidad de MN en la combinación; sin embargo, en todos los casos, la succión se mantuvo por encima del rango recomendado por la regla E.070 (10-20 gr/min/200 cm²). Los ladrillos sin mucílago presentaron una succión promedio de 66.96 gr/min/200 cm², mientras que con 25% y 50% de mucílago, la succión disminuyó a 63.08 y 53.84 gr/min/200 cm², respectivamente. No obstante, con 75% y 100% de mucílago, la succión volvió a incrementarse a 68.30 y 78.97 gr/min/200 cm², lo que indicó que, aunque el mucílago contribuyó a reducir la absorción, su efecto no fue lineal ni suficiente para cumplir con el límite normativo. Según lo establecido en esta regla, es necesario humedecer los ladrillos de barro durante treinta minutos, de diez a quince horas antes de instalarlos, con el fin de disminuir su capacidad de absorción y prevenir la absorción excesiva de agua del mortero, lo cual podría comprometer la unión y la excelencia de la construcción. Por consiguiente, resulta imperativo implementar estrategias complementarias, tales como un prolongado tiempo de curado en agua o la aplicación de aditivos, con el objetivo de optimizar sus capacidades de absorción y alcanzar un rendimiento óptimo en el lugar de trabajo.

11.1.5. Determinación del efecto que causa la adición de MN en la absorción del ladrillo artesanal de arcilla

Tabla 26*Resultados de la absorción del ladrillo con 0% de MN.*

Espécimen	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción (%)	Promedio (%)
M1-0%	3312.00	3770.00	13.83	
M2-0%	3121.00	3511.50	12.51	
M3-0%	3450.50	3880.00	12.45	12.73
M4-0%	3362.50	3785.00	12.57	
M5-0%	3406.00	3825.00	12.30	

Tabla 27*Resultados de la absorción del ladrillo con 25% de MN.*

Espécimen	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción (%)	Promedio (%)
M1-25%	3311.50	3750.00	13.24	
M2-25%	3379.00	3795.00	12.31	
M3-25%	3318.00	3660.00	10.31	11.80
M4-25%	3367.50	3750.00	11.36	
M5-25%	3350.00	3745.00	11.79	

Tabla 28*Resultados de la absorción del ladrillo con 50% de MN.*

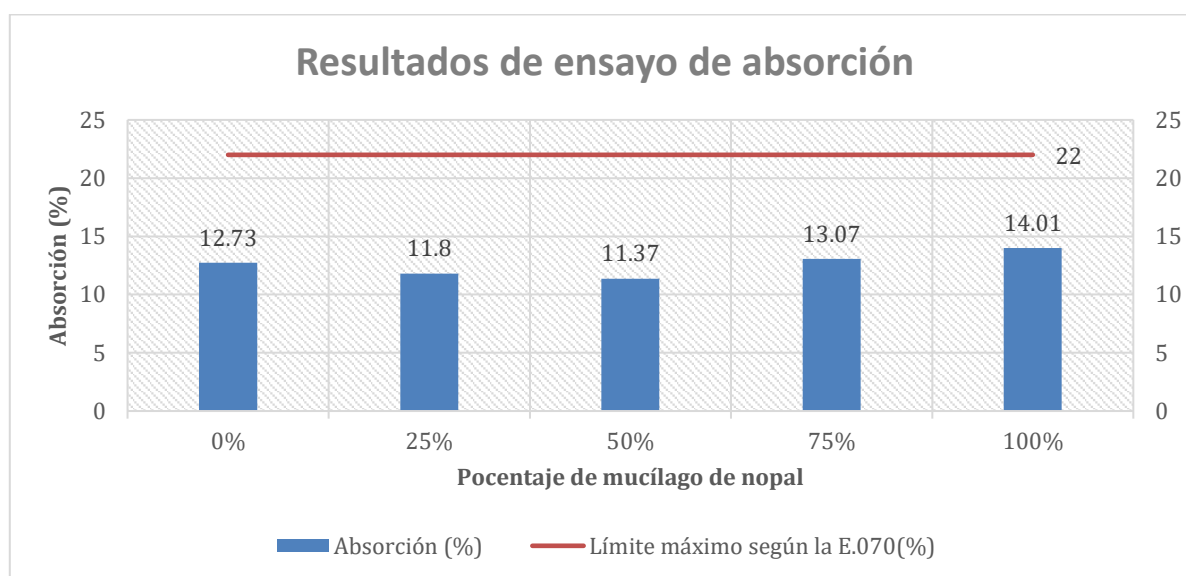
Espécimen	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción (%)	Promedio (%)
M1-50%	3378.00	3818.50	13.04	
M2-50%	3386.50	3646.50	7.68	
M3-50%	3401.00	3853.00	13.29	11.37
M4-50%	3382.00	3749.50	10.87	
M5-50%	3415.00	3824.50	11.99	

Tabla 29*Resultados de la absorción del ladrillo con 75% de MN.*

Espécimen	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción (%)	Promedio (%)
M1-75%	3378.50	3808.50	12.73	
M2-75%	3379.00	3813.50	12.86	
M3-75%	3399.00	3855.00	13.42	13.07
M4-75%	3423.00	3874.00	13.18	
M5-75%	3385.00	3830.50	13.16	

Tabla 30*Resultados de la absorción del ladrillo con 100% de MN.*

Espécimen	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción (%)	Promedio (%)
M1-100%	3104.50	3596.00	15.83	
M2-100%	3315.00	3781.00	14.06	
M3-100%	3085.00	3548.00	15.01	14.01
M4-100%	3362.50	3785.00	12.57	
M5-100%	3406.00	3835.00	12.60	

Figura 43*Efecto del MN en la absorción de agua de ladrillos artesanales de arcilla tipo I.*

Los resultados de la absorción de agua en los ladrillos artesanales de arcilla tipo I indicaron que, en todos los casos, cumplieron con el límite máximo del 22% establecido en la regla E.070. Específicamente, los ladrillos sin mucílago presentaron una absorción promedio del 12.73%. Al incluir un 25% de mucílago, la tasa de absorción disminuyó a 11.80%; al aumentar al 50%, se redujo aún más a 11.37%, lo que muestra un avance en la capacidad de absorción del material. Sin embargo, con concentraciones mayores, este efecto se revirtió, ya que con 75% de mucílago, la absorción aumentó a 13.07% y con 100%, alcanzó 14.01%. En este caso, la adición del 50% de mucílago resultó en la menor absorción de agua (11.37%), mejorando la impermeabilidad del material. Sin embargo, con 75% y 100%, la absorción aumentó nuevamente, posiblemente debido a un exceso de material orgánico que alteró la microestructura y aumentó la porosidad tras el secado y cocción. Así, el 50% de mucílago parece ser la cantidad óptima, mientras que mayores proporciones podrían afectar negativamente el desempeño del ladrillo.

11.1.6. Determinación del efecto provoca la adición de MN en la RCS del ladrillo artesanal de arcilla

Tabla 31
Resultados de la RCS del ladrillo con 0% de MN.

Espécimen	Dimensiones		Área de contacto (cm ²)	Carga máxima		fb (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar	f'b característica (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)		(KN)	(kg)				
M1-0%	19.7	10.4	204.88	96.74	9,861.37	48.13			
M2-0%	19.8	10.4	205.92	106.27	10,832.82	52.61			
M3-0%	20.4	10.6	216.24	123.72	12,611.62	58.32	49.78	5.73	44.04
M4-0%	19.6	10.5	205.8	91.58	9,335.37	45.36			
M5-0%	20.1	10.5	211.05	92.05	9,383.28	44.46			

Tabla 32
Resultados de la RCS del ladrillo con 25% de MN.

Espécimen	Dimensiones		Área de contacto (cm ²)	Carga máxima		fb (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar	f'b característica (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)		(KN)	(kg)				
M1-25%	20.3	10.7	217.21	105.25	10,728.85	49.39			
M2-25%	20.3	10.6	215.18	96.93	9,880.73	45.92			
M3-25%	20.4	10.7	218.28	114.05	11,625.89	53.26	49.97	3.32	46.65
M4-25%	20.4	10.9	222.36	116.58	11,883.79	53.44			
M5-25%	20.5	10.8	221.4	103.94	10,595.31	47.86			

Tabla 33
Resultados de la RCS del ladrillo con 50% de MN.

Espécimen	Dimensiones		Área de contacto (cm ²)	Carga máxima		fb (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar	f'b característica (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)		(KN)	(kg)				
M1-50%	20.2	10.6	214.12	150.19	15,309.89	71.50			
M2-50%	20.2	10.6	214.12	113.17	11,536.19	53.88			
M3-50%	20.3	10.8	219.24	137.47	14,013.25	63.92	61.26	6.85	54.41
M4-50%	20.5	11.2	229.6	135.55	13,817.53	60.18			
M5-50%	20.4	10.8	220.32	122.78	12,515.80	56.81			

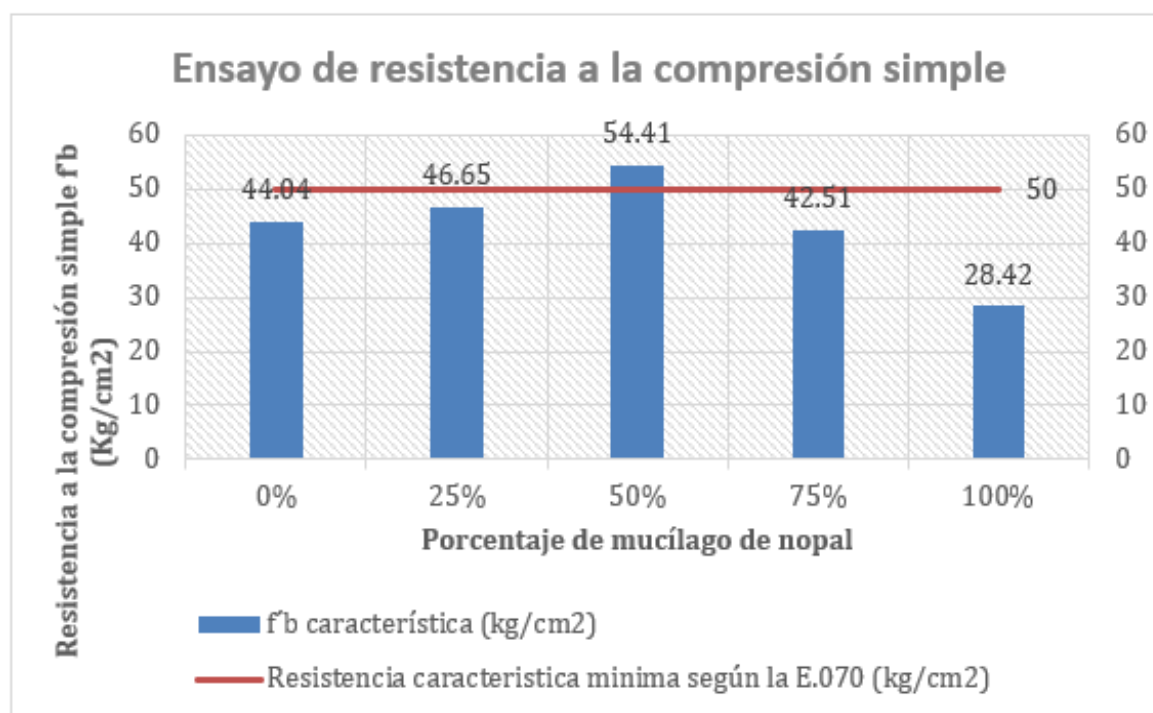
Tabla 34
Resultados de la RCS del ladrillo con 75% de MN.

Espécimen	Dimensiones		Área de contacto (cm ²)	Carga máxima		fb (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar	f'b característica (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)		(KN)	(kg)				
M1-75%	20.5	10.6	217.3	94.61	9,644.24	44.38			
M2-75%	20	10.5	210	96.74	9,861.37	46.96			
M3-75%	20.5	10.7	219.35	96.27	9,813.46	44.74	44.90	2.39	42.51
M4-75%	20.1	10.7	215.07	99.53	10,145.77	47.17			
M5-75%	20.4	10.6	216.24	87.53	8,922.53	41.26			

Tabla 35
Resultados de la RCS del ladrillo con 100% de MN.

Espécimen	Dimensiones		Área de contacto (cm ²)	Carga máxima		fb (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar	f'b característica (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)		(KN)	(kg)				
M1-100%	20.4	10.7	218.28	62.99	6,421.00	29.42			
M2-100%	20.3	10.5	213.15	60.54	6,171.25	28.95			
M3-100%	20.4	10.9	222.36	69.37	7,071.36	31.80	29.66	1.24	28.42
M4-100%	20.4	10.8	220.32	63.71	6,494.39	29.48			
M5-100%	20.3	10.5	213.15	59.96	6,112.13	28.68			

Figura 44
Modificación de la RCS de ladrillos de arcilla tipo I en función del contenido de MN.



Las cifras obtenidas de la RCS revelaron diferencias según la concentración de MN. Según la regla E.070, se requiere una resistencia mínima de 50 kg/cm². El ladrillo patrón (0% de mucílago) no cumplió con este requisito, ya que presentó una resistencia de 44.04 kg/cm², situándose por debajo del valor normativo. Sin embargo, la introducción del 50% de MN potencio considerablemente la resistencia del ladrillo, alcanzando 54.41 kg/cm², lo que representa un aumento de 10.37 kg/cm² (23.54% más) respecto al ladrillo patrón, logrando así cumplir con la norma. Con 25% de mucílago, la resistencia aumentó a 46.65 kg/cm², mejorando en 2.61 kg/cm² (5.93% más). En contraste, concentraciones superiores al 50% afectaron negativamente el desempeño estructural, ya que con 75% de mucílago la resistencia disminuyó a 42.51 kg/cm² (3.48% menos) y con 100% de mucílago bajó a 28.42 kg/cm² (35.45% menos), evidenciando que un exceso de mucílago reduce la capacidad mecánica del ladrillo.

11.1.7. Determinación de la incidencia que provoca la adición de MN en la RCP del ladrillo artesanal de arcilla

Tabla 36
Resultados de la RCP del ladrillo con 0% de MN.

PILA N°	Dimensiones			Área de contacto (cm ²)	Esbeltez (h/b)	Carga máxima		Incremento de f'm por edad 14 días	Factor de corrección por esbeltez	f'm (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho - b (cm)	Alto -h (cm)			(KN)	(kg)			
P1-0%	20.4	10.6	30.5	216.24	2.88	64.55	6,580.02	1.10	0.8836	29.58
P2-0%	20.1	10.5	30.2	211.05	2.88	68.02	6,933.74	1.10	0.8836	31.93
P3-0%	19.9	10.6	31.9	210.94	3.01	77.76	7,926.61	1.10	0.9104	37.63
P4-0%	20.2	10.8	33	218.16	3.06	74.07	7,550.46	1.10	0.9124	34.74
P5-0%	20.5	10.4	31	213.20	2.98	81.45	8,302.75	1.10	0.9056	38.79
Resistencia promedio (kg/cm²)										34.53
Desviación estándar										3.84
f'm característica (kg/cm²)										30.69

Tabla 37*Resultados de la RCP del ladrillo con 25% de MN.*

PILA N°	Dimensiones			Área de contacto (cm ²)	Esbeltez (h/b)	Carga máxima		Incremento de f'm por edad 14 días	Factor de corrección por esbeltez	fm (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho -b (cm)	Alto -h (cm)			(KN)	(kg)			
P1-25%	22	10.9	31.5	239.80	2.89	73.33	7,475.03	1.10	0.8858	30.37
P2-25%	20.5	11.3	30.8	231.65	2.73	81.89	8,347.60	1.10	0.8506	33.72
P3-25%	20.2	10.9	30.7	220.18	2.82	89.74	9,147.81	1.10	0.8704	39.78
P4-25%	20.7	11	31.5	227.70	2.86	88.61	9,032.62	1.10	0.8792	38.36
P5-25%	20.8	10.7	32	222.56	2.99	85.47	8,712.54	1.10	0.9078	39.09
Resistencia promedio (kg/cm²)										36.26
Desviación estándar										4.06
f'm característica (kg/cm²)										32.20

Tabla 38*Resultados de la RCP del ladrillo con 50% de MN.*

PILA N°	Dimensiones			Área de contacto (cm ²)	Esbeltez (h/b)	Carga máxima		Incremento de f'm por edad 14 días	Factor de corrección por esbeltez	fm (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho -b (cm)	Alto -h (cm)			(KN)	(kg)			
P1-50%	20.6	10.9	30.9	224.54	2.83	101.02	10,297.66	1.10	0.8726	44.02
P2-50%	20.3	10.9	30.9	221.27	2.83	96.46	9,832.82	1.10	0.8726	42.65
P3-50%	20.5	10.9	31	223.45	2.84	90.87	9,263.00	1.10	0.8748	39.89
P4-50%	20.5	10.8	30.9	221.40	2.86	110.12	11,225.28	1.10	0.8792	49.03
P5-50%	20.4	10.7	31.2	218.28	2.92	99.14	10,106.01	1.10	0.8924	45.45
Resistencia promedio (kg/cm²)										44.21
Desviación estándar										3.39
f'm característica (kg/cm²)										40.82

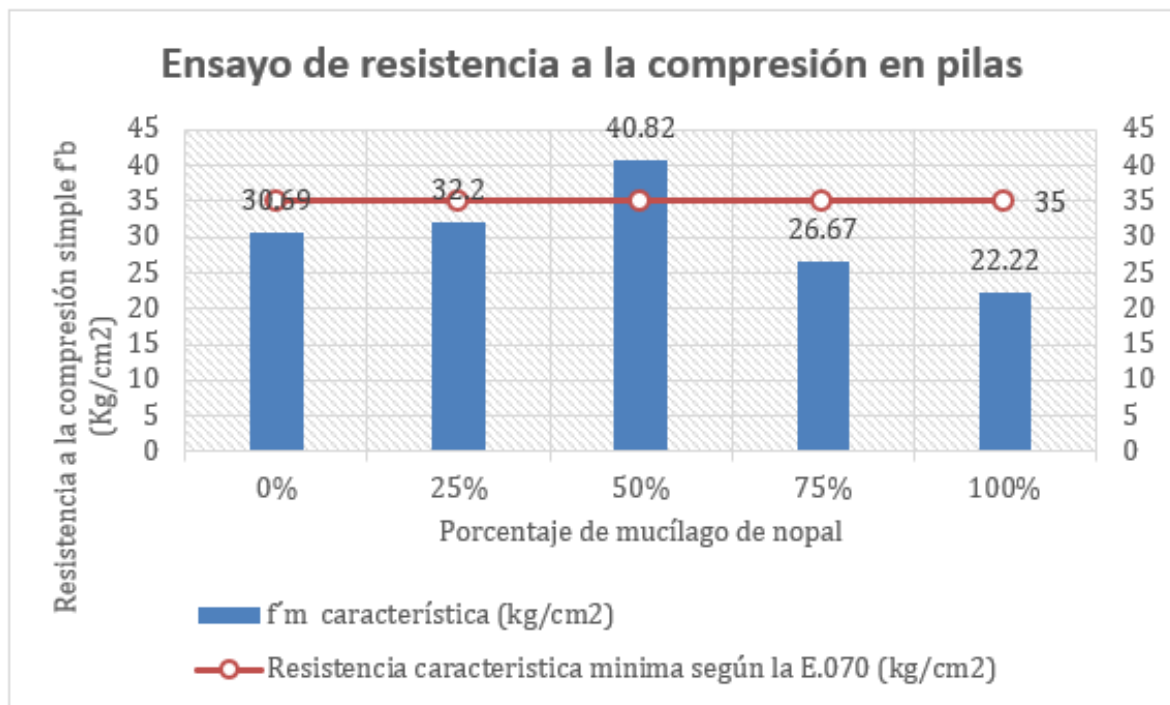
Tabla 39*Resultados de la RCP del ladrillo con 75% de MN.*

PILA N°	Dimensiones			Área de contacto (cm ²)	Esbeltez (h/b)	Carga máxima		Incremento de f'm por edad 14 días	Factor de corrección por esbeltez	fm (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho -b (cm)	Alto -h (cm)			(KN)	(kg)			
P1-75%	20.6	10.9	30.4	224.54	2.79	91.24	9,300.71	1.10	0.8638	39.36
P2-75%	20.7	11.5	30.5	238.05	2.65	88.48	9,019.37	1.10	0.833	34.72
P3-75%	20.4	10.6	30.1	216.24	2.84	69.08	7,041.79	1.10	0.8748	31.34
P4-75%	21	11	30.3	231.00	2.75	78.36	7,987.77	1.10	0.855	32.52
P5-75%	20.1	10.8	31.3	217.08	2.9	51.89	5,289.50	1.10	0.888	23.80
Resistencia promedio (kg/cm²)										32.35
Desviación estándar										5.68
f'm característica (kg/cm²)										26.67

Tabla 40
Resultados de la RCP del ladrillo con 100% de MN.

PILA N°	Dimensiones			Área de contacto (cm ²)	Esbeltez (h/b)	Carga máxima		Incremento de f'm por edad 14 días	Factor de corrección por esbeltez	f'm (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho -b (cm)	Alto -h (cm)			(KN)	(kg)			
P1-100%	20.6	10.7	31.8	220.42	2.97	48.55	4,949.03	1.10	0.9034	22.31
P2-100%	20.5	11	32.4	225.50	2.95	67.8	6,911.31	1.10	0.899	30.31
P3-100%	20.5	10.9	30.5	223.45	2.8	96	9,785.93	1.10	0.866	41.72
P4-100%	20.3	10.8	31.1	219.24	2.88	54.35	5,540.27	1.10	0.8836	24.56
P5-100%	20.5	10.6	30.8	217.30	2.91	64.8	6,605.50	1.10	0.8902	29.77
Resistencia promedio (kg/cm²)										29.73
Desviación estándar										7.51
f'm característica (kg/cm²)										22.22

Figura 45
RCP de ladrillos de arcilla con diferentes porcentajes de MN.



Los hallazgos de la RCP de los ladrillos hechos a mano de arcilla de tipo I revelaron diferencias según el contenido de MN. Conforme con la norma E.070, la resistencia mínima exigida para una albañilería con ladrillos de material arcilloso es de 35 kg/cm². El ladrillo patrón (0% de mucílago) no cumplió con este requisito, ya que presentó una resistencia de 30.69 kg/cm², situándose por debajo del valor normativo. Sin embargo, la adición de 50% de mucílago optimizó notablemente la resistencia del ladrillo, alcanzando un valor de 40.82

kg/cm², lo que representa un aumento de 10.13 kg/cm² (33.01% más) respecto al ladrillo patrón, logrando así cumplir con la norma. Con 25% de mucílago, la resistencia aumentó a 32.2 kg/cm², mejorando en 1.51 kg/cm² (4.92% más). En contraste, concentraciones superiores al 50% afectaron negativamente el desempeño estructural, ya que con 75% de mucílago la resistencia disminuyó a 26.67 kg/cm² (13.11% menos) y con 100% de mucílago bajó a 22.22 kg/cm² (27.6% menos), evidenciando que un exceso de mucílago reduce la capacidad mecánica del ladrillo.

11.1.8. Análisis económico

Tabla 41

Costos de obtención del MN.

01.01.01		OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL						
	Rendimiento: m3/día	M.O	4.00	E.Q	4.00	Costo unitario por m3	149.31	
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.		
MANO DE OBRA								
Peon	hh.	2.00	4.00	19.40		77.60		
						77.60		
EQUIPOS								
Herramienta manual	%MO		3.00	77.60		2.33		
						2.33		
SUBPARTIDA								
Costo de producción del Nopal	Kg.		196.00	0.35		69.38		
						69.38		

Tabla 42

Costos de fabricación de ladrillo King Kong (Patrón).

01.02.01		FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL KING KONG (LADRILLO PATRÓN)						
	Rendimiento: mill/mes	M.O	115.00	E.Q	115.00	Costo unitario por mill	453.02	
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.		
MANO DE OBRA								
Operario	hh.	2.00	4.17	27.31		113.99		
Oficial	hh.	1.00	2.09	21.45		44.77		
Peón	hh.	1.00	2.09	19.40		40.49		
						199.24		
MATERIALES								
Arcilla	m ³		0.46	330.00		152.59		
Agua	m ³		0.91	6.00		5.47		
Carbón de piedra	Ton		0.30	160.00		48.00		
						206.06		
EQUIPOS								
Horno para cocción de ladrillos	hm	2.00	4.17	10.00		41.74		
Herramienta manual	%MO		3.00	199.24		5.98		
						47.72		

Tabla 43*Costos de fabricación de ladrillo King Kong con 25% de MN.*

01.02.02 FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL KING KONG CON 25% DE M-N						
Rendimiento: mill/mes	M.O	115.00	E.Q	115.00	Costo unitario por mill	485.65
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh.	2.00	4.17	27.31	113.99	
Oficial	hh.	1.00	2.09	21.45	44.77	
Peón	hh.	1.00	2.09	19.40	40.49	
						199.24
MATERIALES						
Arcilla	m ³		0.46	330.00	152.59	
Agua	m ³		0.68	6.00	4.10	
Mucílago de nopal	m ³		0.23	149.31	34.00	
Carbón de piedra	Ton		0.30	160.00	48.00	
						238.69
EQUIPOS						
Horno para cocción de ladrillos	hm	2.00	4.17	10.00	41.74	
Herramienta manual	%MO		3.00	199.24	5.98	
						47.72

Tabla 44*Costos de fabricación de ladrillo King Kong con 50% de MN.*

01.02.03 FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL KING KONG CON 50% DE M-N						
Rendimiento: mill/mes	M.O	115.00	E.Q	115.00	Costo unitario por mill	518.29
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh.	2.00	4.17	27.31	113.99	
Oficial	hh.	1.00	2.09	21.45	44.77	
Peón	hh.	1.00	2.09	19.40	40.49	
						199.24
MATERIALES						
Arcilla	m ³		0.46	330.00	152.59	
Agua	m ³		0.46	6.00	2.73	
Mucílago de nopal	m ³		0.46	149.31	68.00	
Carbón de piedra	Ton		0.30	160.00	48.00	
						271.33
EQUIPOS						
Horno para cocción de ladrillos	hm	2.00	4.17	10.00	41.74	
Herramienta manual	%MO		3.00	199.24	5.98	
						47.72

Tabla 45*Costos de fabricación de ladrillo King Kong con 75% de MN.*

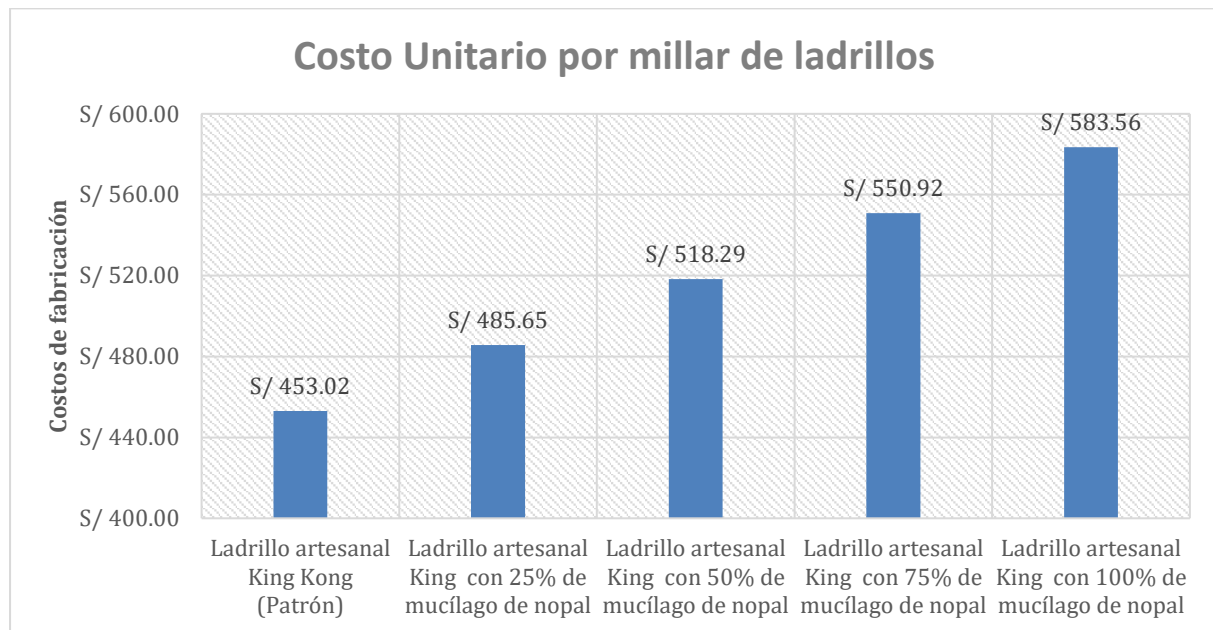
01.02.04 FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL KING KONG CON 75% DE M-N						
Rendimiento: mill/mes	M.O	115.00	E.Q	115.00	Costo unitario por mill	550.92
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh.	2.00	4.17	27.31	113.99	
Oficial	hh.	1.00	2.09	21.45	44.77	
Peón	hh.	1.00	2.09	19.40	40.49	
					199.24	
MATERIALES						
Arcilla	m ³		0.46	330.00	152.59	
Agua	m ³		0.23	6.00	1.37	
Mucílago de nopal	m ³		0.68	149.31	102.01	
Carbón de piedra	Ton		0.30	160.00	48.00	
					303.96	
EQUIPOS						
Horno para cocción de ladrillos	hm	2.00	4.17	10.00	41.74	
Herramienta manual	%MO		3.00	199.24	5.98	
					47.72	

Tabla 46*Costos de fabricación de ladrillo King Kong con 100% de MN.*

01.02.05 FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL KING KONG CON 100% DE M-N						
Rendimiento: mill/mes	M.O	115.00	E.Q	115.00	Costo unitario por mill	583.56
Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MANO DE OBRA						
Operario	hh.	2.00	4.17	27.31	113.99	
Oficial	hh.	1.00	2.09	21.45	44.77	
Peón	hh.	1.00	2.09	19.40	40.49	
					199.24	
MATERIALES						
Arcilla	m ³		0.46	330.00	152.59	
Mucílago de nopal	m ³		0.91	149.31	136.01	
Carbón de piedra	Ton		0.30	160.00	48.00	
					336.60	
EQUIPOS						
Horno para cocción de ladrillos	hm	2.00	4.17	10.00	41.74	
Herramienta manual	%MO		3.00	199.24	5.98	
					47.72	

Figura 46

Costo unitario por millar de ladrillos.



El costo unitario por millar de ladrillos aumentó progresivamente con la adición de MN, desde S/ 453.02 en el ladrillo patrón hasta S/ 583.56 en la muestra con un 100%. Con un 25% de mucílago, el costo fue de S/ 485.65, mientras que con un 50% ascendió a S/ 518.29, con un 75% a S/ 550.92 y con un 100% a S/ 583.56. Se determinó que la dosis más eficiente para el aspecto estructural del ladrillo fue el 50% de mucílago, ya que, a pesar de superar el costo de la muestra patrón, su inversión se justificó por la mejora alcanzada. Sin embargo, a partir del 75%, el incremento en costos no representó un beneficio proporcional, lo que indicó que valores superiores al 50% no fueron económicamente óptimos.

11.1.9. Resultados de la prueba de hipótesis

Análisis inferencial

Prueba de normalidad de datos

Con el propósito de elegir la prueba estadística adecuada para examinar las hipótesis, se realizó una primera evaluación sobre la normalidad de la distribución de los valores recolectados durante la fase experimental. En esta situación, se decidió emplear el test de Shapiro-Wilk (S-W) debido al tamaño de la muestra, el cual es de 50 o menos. Para evaluar la normalidad de las cifras, se plantearon las siguientes condiciones:

Hipótesis nula (H₀): Los datos muestran semejanza con una distribución de tipo normal.

Hipótesis alternativa (H1): Los datos no presentan semejanza con una distribución normal.

Homogeneidad de varianzas

Se utiliza la prueba de Levene dado que permite verificar el supuesto de homogeneidad de varianzas, el cual es fundamental para la validez del análisis de varianza (ANOVA) de un factor. Esta prueba evalúa si las varianzas entre los grupos que se comparan son estadísticamente iguales, lo que asegura que los resultados del ANOVA no se vean sesgados por diferencias en la dispersión de los datos. Si se confirma la homogeneidad de varianzas, se valida el uso del ANOVA de un factor para la comparación de medias entre grupos.

Hipótesis de la prueba de Levene:

Ho: Las varianzas de los grupos son iguales.

H1: Al menos una de las varianzas es diferente.

Regla de decisión

Si el valor p es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula. Para la prueba de normalidad, esto indica que los datos no siguen una distribución normal; y para la prueba de Levene, que no existe homogeneidad de varianzas.

En cambio, si el valor p es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se asume normalidad en los datos y homogeneidad de varianzas, condiciones necesarias para aplicar adecuadamente el ANOVA de un factor.

Tabla 47

Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo variación dimensional

		Pruebas de normalidad		
Porcentajes de mucílago de nopal		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Variación dimensional del ancho en ladrillos artesanales de arcilla con distintos porcentajes de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	0.975	10	0.935
	25% de mucílago de nopal	0.946	10	0.621
	50% de mucílago de nopal	0.859	10	0.075
	75% de mucílago de nopal	0.857	10	0.070
	100% de mucílago de nopal	0.953	10	0.710

En todos los grupos analizados, los valores de significancia (Sig.) fueron superiores al nivel de significancia común de 0.05. Para el grupo con 0% de mucílago se obtuvo un valor de Sig. de 0.935, con un estadístico de 0.975; para el 25%, un valor de 0.621 con un estadístico de 0.946; para el 50%, 0.075 con un estadístico de 0.859; para el 75%, 0.070 con un estadístico

de 0.857; y para el 100%, 0.710 con un estadístico de 0.953. Dado que todos los valores de significancia fueron mayores a 0.05, no se rechazó la hipótesis nula. Por lo tanto, se determinó que los datos presentaron una distribución normal en todos los grupos analizados.

Tabla 48

Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del ensayo variación dimensional

Prueba de homogeneidad de varianza					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Variación dimensional del ancho en ladrillos artesanales de arcilla con distintos porcentajes de mucílago de nopal	Se basa en la media	1.891	4	45	0.128
	Se basa en la mediana	1.778	4	45	0.150
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.778	4	38.934	0.153
	Se basa en la media recortada	1.904	4	45	0.126

Los resultados mostraron que, al basarse en la media, el estadístico de Levene fue 1.891 con $gl1 = 4$, $gl2 = 45$ y un valor de significancia de 0.128; al basarse en la mediana, el estadístico fue 1.778 con $Sig. = 0.150$; con grados de libertad ajustados, el valor fue el mismo (1.778) y la significancia fue 0.153; y al basarse en la media recortada, el estadístico fue 1.904 con $Sig. = 0.126$. En todos los casos, los valores de significancia fueron mayores a 0.05, lo que indicó que no se rechazó la hipótesis nula. En consecuencia, se concluyó que existió homogeneidad de varianzas entre los grupos analizados.

Prueba de hipótesis específica 1. Evaluación de la hipótesis mediante el test ANOVA de un factor en los resultados del ensayo sobre la variación dimensional del ancho en ladrillos artesanales de arcilla con diferentes concentraciones de MN

Ho: No existe diferencia significativa en la variación dimensional del ancho entre los ladrillos de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

H1: Existe diferencia significativa en la variación dimensional del ancho entre los ladrillos de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

El nivel de significancia (α) es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la Ho y se valida la H1.

Tabla 49

ANOVA unifactorial aplicado a la variación dimensional del ancho en ladrillos de arcilla con distintos porcentajes de MN

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	92.970	4	23.243	15.746	0.000
Dentro de grupos	66.425	45	1.476		
Total	159.395	49			

El ANOVA aplicado a la variación dimensional del ancho en ladrillos artesanales de arcilla con distintos porcentajes de MN evidenció una diferencia significativa entre las formulaciones evaluadas. Se observó que la suma de cuadrados entre grupos fue de 92.970, mientras que la suma de cuadrados dentro de los grupos alcanzó 66.425, obteniendo un total de 159.395. La media cuadrática entre los grupos se calculó en 23.243, y dentro de los grupos en 1.476. El estadístico F obtenido fue 15.746, con un valor de significancia de 0.000, lo que indicó que $p \leq 0.05$. Al ser el valor de significancia inferior al nivel establecido $\alpha = 0.05$, se descartó la H_0 a favor de la H_1 , lo que lleva a la conclusión de que hubo variaciones significativas en la amplitud dimensional entre los ladrillos con distintas proporciones de MN.

Post hoc mediante el test de Tukey para los resultados del ensayo variación dimensional del ancho en ladrillos artesanales de arcilla con distintos niveles de MN

Ya que el ANOVA mostró que hay discrepancias importantes entre al menos dos grupos analizados, aunque no se identificaron cuáles, fue esencial llevar a cabo una comparación múltiple entre todos los grupos para prevenir la posibilidad de cometer un error tipo I, que implicaría rechazar incorrectamente una H_0 verdadero. Debido a esto, se decidió utilizar el análisis de Tukey, el cual arrojó los siguientes datos sobre la variación en el ancho de ladrillos hechos de arcilla con diferentes cantidades de MN.

H_0 : La adición de mucílago de nopal no incide positivamente en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

H_1 : La adición de mucílago de nopal incide positivamente en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la H_0 y se valida la H_1 .

Tabla 50

Prueba de Tukey para los valores del ensayo variación dimensional del ancho en ladrillos de arcilla con distintas cantidades de MN

HSD Tukey ^a			
Porcentajes de MN	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
0% de MN	10	103.3000	
50% de MN	10		105.9500
75% de MN	10		106.2500
100% de MN	10		106.7500
25% de MN	10		107.2000
Sig.		1.000	0.164

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000.

El test de Tukey aplicada a la variación dimensional del ancho en ladrillos artesanales de arcilla con distintos porcentajes de MN permitió identificar dos subconjuntos homogéneos de medias, donde el grupo con 0% de MN presentó una media de 103.3000, mientras que los grupos con 50%, 75%, 100% y 25% de MN registraron medias de 105.9500, 106.2500, 106.7500 y 107.2000, respectivamente. Tras el análisis, se obtuvo un α de 0.164, lo cual sugiere que $p > 0.05$. Por consiguiente, la H_0 no fue descartada, lo que lleva a la conclusión de que no se observaron disparidades estadísticamente relevantes en la modificación de la amplitud de los ladrillos al agregar MN. A pesar de ello, se notó un aumento en la variación dimensional a medida que se incrementaba el contenido de MN, lo que indica la importancia de realizar más investigaciones para analizar cómo afecta a la estabilidad y calidad del material.

Post hoc mediante el test T de Dunnett para los resultados del ensayo variación dimensional del ancho en ladrillos artesanales de arcilla con distintos niveles de MN

Tabla 51

Comparación de medias con prueba T de Dunnett (control: 0% mucílago)

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente:							
(I) Porcentajes de mucílago de nopal			Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
T de Dunnett (bilateral) ^b	25% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	3,90000*	0.54334	0.000	2.5246	5.2754
	50% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	2,65000*	0.54334	0.000	1.2746	4.0254

75% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	2,95000*	0.54334	0.000	1.5746	4.3254
100% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	3,45000*	0.54334	0.000	2.0746	4.8254

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

b. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Con el objetivo de confirmar los resultados obtenidos en la prueba de Tukey, se aplicó la prueba T de Dunnett tomando como grupo de control el 0% de MN. Los resultados indicaron que todas las comparaciones con respecto al grupo control presentaron diferencias de medias significativas. Para el grupo con 25% de mucílago, la diferencia de medias fue de 3.90000 con un error estándar de 0.54334 y un valor de significancia (p) de 0.000; para el 50% de mucílago, la diferencia fue de 2.65000 con $p = 0.000$; para el 75%, 2.95000 con $p = 0.000$; y para el 100%, 3.45000 con $p = 0.000$. Todos los intervalos de confianza al 95% estuvieron por encima de cero, lo que confirmó que las diferencias fueron estadísticamente significativas. Dado que todos los valores p fueron menores al umbral de 0.05, se rechazó la H_0 y se evidenció que la adición de MN incidió positivamente en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla.

Prueba de hipótesis específica 2. Evaluación de la hipótesis en los datos del ensayo sobre el alabeo en ladrillos de arcilla con diferentes concentraciones de MN

Prueba de normalidad de datos

H_0 : Los datos muestran semejanza con una distribución de tipo normal.

H_1 : Los datos no presentan semejanza con una distribución normal.

Homogeneidad de varianzas

Hipótesis de la prueba de Levene

H_0 : Las varianzas de los grupos son iguales.

H_1 : Al menos una de las varianzas es diferente.

Regla de decisión

Si el valor p es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula. Para la prueba de normalidad, esto indica que los datos no siguen una distribución normal; y para la prueba de Levene, que no existe homogeneidad de varianzas.

En cambio, si el valor p es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se asume normalidad en los datos y homogeneidad de varianzas, condiciones necesarias para aplicar adecuadamente el ANOVA de un factor.

Tabla 52

Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo alabeo

Porcentajes de mucílago de nopal		Pruebas de normalidad		
		Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
Alabeo en ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	0.926	10	0.408
	25% de mucílago de nopal	0.899	10	0.216
	50% de mucílago de nopal	0.901	10	0.225
	75% de mucílago de nopal	0.954	10	0.721
	100% de mucílago de nopal	0.838	10	0.042

Los resultados mostraron valores de significancia mayores a 0.05 para los grupos con 0%, 25%, 50% y 75% de MN, con valores p de 0.408, 0.216, 0.225 y 0.721 respectivamente, lo que indicó que en estos casos no se rechazó la hipótesis nula. Sin embargo, el grupo con 100% de mucílago presentó un valor de significancia de 0.042, menor al umbral de 0.05, lo cual llevó al rechazo de la H_0 y evidenció que los datos de este grupo no seguían una distribución normal.

Tabla 53

Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del alabeo

		Prueba de homogeneidad de varianza			
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Alabeo en ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de mucílago de nopal	Se basa en la media	0.497	4	45	0.738
	Se basa en la mediana	0.661	4	45	0.622
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.661	4	44.463	0.622
	Se basa en la media recortada	0.507	4	45	0.731

Respecto a la prueba de homogeneidad de varianzas, cuya H_0 establecía que las varianzas de los grupos eran iguales, los resultados indicaron valores p mayores a 0.05 en todos

los métodos de evaluación. Basándose en la media, el valor de significancia fue 0.738; en la mediana, 0.622; con grados de libertad ajustados, también 0.622; y al basarse en la media recortada, fue 0.731. Estos resultados indicaron que no se rechazó la H_0 en ningún caso, por lo que se concluyó que existió homogeneidad de varianzas entre los grupos.

Evaluación de la hipótesis mediante el test de Kruskal-Wallis en los datos del ensayo sobre el alabeo en ladrillos de arcilla con diferentes concentraciones de MN

H_0 : No existe diferencia significativa en el alabeo entre los ladrillos de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

H_1 : Existe diferencia significativa en el alabeo entre los ladrillos de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la H_0 y se valida la H_1 .

Tabla 54
Prueba de Kruskal-Wallis a los hallazgos del ensayo alabeo en ladrillos de arcilla con diferentes porcentajes de MN

Estadísticos de prueba^{a,b}	
Alabeo en ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de mucílago de nopal	
H de Kruskal-Wallis	3.022
gl	4
Sig. asintótica	0.554

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Porcentajes de mucílago de nopal

La prueba de Kruskal–Wallis aplicada al ensayo de alabeo en ladrillos artesanales de arcilla con diferentes concentraciones de MN se realizó con un total de 40 observaciones, obteniéndose un estadístico de prueba de 3,022 con 4 grados de libertad y una significancia asintótica de 0,554. Dado que $p = 0,554$ es mayor que 0,05, se mantuvo la hipótesis nula, lo que indicó que no existían diferencias estadísticamente significativas en el alabeo entre los ladrillos fabricados con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN. En consecuencia, se constató que la incorporación de MN no provocó cambios relevantes en la distorsión de los ladrillos, permitiendo inferir consistencia dimensional en todos los grupos evaluados.

Post hoc a través de la prueba de Bonferroni para los datos del test de alabeo en ladrillos de arcilla con diferentes porcentajes de MN

Dado que la prueba de Kruskal–Wallis no evidenció diferencias estadísticamente significativas en el alabeo de los ladrillos de arcilla con diferentes porcentajes de MN ($p = 0,554 > 0,05$), se infirió que no había variaciones relevantes entre los grupos. Sin embargo, para confirmar esta conclusión y evitar posibles errores tipo I, se realizó una comparación post hoc mediante el método de Bonferroni. Ol.

Ho: La adición de mucílago de nopal no altera mínimamente el alabeo del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

H1: La adición de mucílago de nopal altera mínimamente el alabeo del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la Ho y se valida la H1.

Tabla 55
Comparaciones múltiples mediante el método de Bonferroni para los datos reportados del ensayo de alabeo

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
Bonferroni						
(I) Porcentajes de mucílago de nopal		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0% de mucílago de nopal	25% de mucílago de nopal	0.10417	0.46788	1.000	-1.2976	1.5060
	50% de mucílago de nopal	0.29167	0.46788	1.000	-1.1101	1.6935
	75% de mucílago de nopal	0.16667	0.46788	1.000	-1.2351	1.5685
	100% de mucílago de nopal	0.80952	0.48525	1.000	-0.6443	2.2634
25% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-0.10417	0.46788	1.000	-1.5060	1.2976
	50% de mucílago de nopal	0.18750	0.48145	1.000	-1.2549	1.6299

	75% de mucílago de nopal	0.06250	0.48145	1.000	-1.3799	1.5049
	100% de mucílago de nopal	0.70536	0.49835	1.000	-0.7877	2.1984
50% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-0.29167	0.46788	1.000	-1.6935	1.1101
	25% de mucílago de nopal	-0.18750	0.48145	1.000	-1.6299	1.2549
	75% de mucílago de nopal	-0.12500	0.48145	1.000	-1.5674	1.3174
	100% de mucílago de nopal	0.51786	0.49835	1.000	-0.9752	2.0109
75% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-0.16667	0.46788	1.000	-1.5685	1.2351
	25% de mucílago de nopal	-0.06250	0.48145	1.000	-1.5049	1.3799
	50% de mucílago de nopal	0.12500	0.48145	1.000	-1.3174	1.5674
	100% de mucílago de nopal	0.64286	0.49835	1.000	-0.8502	2.1359
100% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-0.80952	0.48525	1.000	-2.2634	0.6443
	25% de mucílago de nopal	-0.70536	0.49835	1.000	-2.1984	0.7877
	50% de mucílago de nopal	-0.51786	0.49835	1.000	-2.0109	0.9752
	75% de mucílago de nopal	-0.64286	0.49835	1.000	-2.1359	0.8502

Se compararon distintos porcentajes de mucílago (0%, 25%, 50%, 75% y 100%), obteniéndose diferencias de medias que variaron, por ejemplo, de 0.10417 (entre 0% y 25%) hasta 0.80952 (entre 0% y 100%), con errores estándar cercanos a 0.46788 o 0.48525, según la comparación. En cada uno de los pares, el valor de significancia fue de 1.000, y los intervalos de confianza al 95% incluyeron el cero (por ejemplo, entre -1.2976 y 1.5060 para la comparación 0% vs 25% y entre -0.6443 y 2.2634 para la comparación 0% vs 100%). Dado

que todos los valores p excedieron el umbral α de 0.05, se mantuvo la hipótesis nula, lo que indicaba que la adición de MN no alteró mínimamente el alabeo de los ladrillos.

Prueba de hipótesis específica 3. Evaluación de la hipótesis a los valores del ensayo de succión de agua de ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de MN

Prueba de normalidad de datos

Ho: Los datos muestran semejanza con una distribución de tipo normal.

H1: Los datos no presentan semejanza con una distribución normal.

Homogeneidad de varianzas

Hipótesis de la prueba de Levene

Ho: Las varianzas de los grupos son iguales.

H1: Al menos una de las varianzas es diferente.

Regla de decisión

Si el valor p es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula. Para la prueba de normalidad, esto indica que los datos no siguen una distribución normal; y para la prueba de Levene, que no existe homogeneidad de varianzas.

En cambio, si el valor p es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se asume normalidad en los datos y homogeneidad de varianzas, condiciones necesarias para aplicar adecuadamente el ANOVA de un factor.

Tabla 56

Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo succión de agua

Porcentajes de mucílago de nopal		Pruebas de normalidad		
		Estadístico	Shapiro-Wilk	
			gl	Sig.
Succión de agua de ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	0.943	5	0.689
	25% de mucílago de nopal	0.671	5	0.005
	50% de mucílago de nopal	0.954	5	0.763
	75% de mucílago de nopal	0.796	5	0.075
	100% de mucílago de nopal	0.924	5	0.558

Para evaluar la normalidad de los datos recolectados en el ensayo de succión de agua en ladrillos artesanales con diferentes porcentajes de MN, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados indicaron que los grupos con 0%, 50%, 75% y 100% de MN presentaron valores de significancia de 0.689, 0.763, 0.075 y 0.558, respectivamente, todos mayores al nivel de

significancia de 0.05, lo que permitió no rechazar la H_0 y asumir que los datos seguían una distribución normal. No obstante, el grupo con 25% de mucílago obtuvo un valor p de 0.005, lo cual fue menor al umbral establecido, indicando que en este caso específico los datos no se ajustaban a una distribución normal.

Tabla 57

Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del ensayo succión de agua

		Prueba de homogeneidad de varianza			
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Succión de agua de ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de mucílago de nopal	Se basa en la media	3.106	4	20	0.039
	Se basa en la mediana	1.729	4	20	0.183
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.729	4	16.390	0.192
	Se basa en la media recortada	3.085	4	20	0.039

Para analizar la homogeneidad de varianzas entre los diferentes grupos, se utilizó la prueba de Levene bajo distintas condiciones. Basándose en la media, se obtuvo un estadístico de Levene de 3.106 con un valor p de 0.039, lo cual fue menor a 0.05, motivo por el cual se rechazó la H_0 y se demostró que existían diferencias significativas en las varianzas entre los grupos. Sin embargo, cuando se evaluó con base en la mediana, el valor p fue de 0.183, y al ajustar los grados de libertad fue de 0.192, ambos mayores al nivel de significancia, lo que no permitió rechazar la H_0 bajo estas condiciones. A pesar de esta variación en los resultados, el hecho de que al menos una de las pruebas mostró heterogeneidad justificó la preferencia por métodos estadísticos no paramétricos en los análisis subsiguientes.

Evaluación de la hipótesis mediante el test de Kruskal-Wallis en los datos del ensayo sobre la succión de agua de ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de MN

H_0 : No existe diferencia significativa en la succión de agua entre los ladrillos artesanales de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

H_1 : Existe diferencia significativa en la succión de agua entre los ladrillos artesanales de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la H_0 y se valida la H_1 .

Tabla 58

Prueba de Kruskal-Wallis a los valores del ensayo de succión de agua de ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de MN

Estadísticos de prueba^{a,b}	
	Succión de agua de ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de mucílago de nopal
H de Kruskal-Wallis	3.884
gl	4
Sig. asintótica	0.422
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Porcentajes de mucílago de nopal	

La prueba de Kruskal-Wallis aplicada a los valores del ensayo de succión de agua en ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de MN permitió contrastar las hipótesis H_0 y H_1 . El análisis arrojó un valor del estadístico H de 3.884 con 4 grados de libertad, obteniéndose una significancia asintótica de 0.422. Dado que el valor p es mayor al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, no se rechazó la hipótesis nula. Esto indicó que no existían diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de absorción de agua entre los ladrillos elaborados con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN. En consecuencia, se comprobó que la incorporación del MN en los porcentajes evaluados no produjo un efecto relevante en el comportamiento de succión de agua de los ladrillos artesanales de arcilla.

Post hoc a través de la prueba de Bonferroni para los valores del experimento de succión de agua de ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de MN

El análisis de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas en la absorción de agua de los ladrillos con distintas concentraciones de MN ($p = 0.422$). Para confirmar esta evidencia y minimizar el riesgo de error tipo I, se aplicó una prueba post hoc de Bonferroni, que ratificó la ausencia de diferencias significativas.

H_0 : La adición de mucílago de nopal no tiene alta implicancia en la succión del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

H_1 : La adición de mucílago de nopal tiene alta implicancia en la succión del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la H_0 y se valida la H_1 .

Tabla 59

Comparaciones múltiples mediante el método de Bonferroni para los datos reportados del ensayo de succión de agua

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
Bonferroni						
(I) Porcentajes de mucílago de nopal		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0% de mucílago de nopal	25% de mucílago de nopal	3.88400	11.63696	1.000	-32.8120	40.5800
	50% de mucílago de nopal	13.12600	11.63696	1.000	-23.5700	49.8220
	75% de mucílago de nopal	-1.33800	11.63696	1.000	-38.0340	35.3580
	100% de mucílago de nopal	-12.00400	11.63696	1.000	-48.7000	24.6920
25% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-3.88400	11.63696	1.000	-40.5800	32.8120
	50% de mucílago de nopal	9.24200	11.63696	1.000	-27.4540	45.9380
	75% de mucílago de nopal	-5.22200	11.63696	1.000	-41.9180	31.4740
	100% de mucílago de nopal	-15.88800	11.63696	1.000	-52.5840	20.8080
50% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-13.12600	11.63696	1.000	-49.8220	23.5700
	25% de mucílago de nopal	-9.24200	11.63696	1.000	-45.9380	27.4540
	75% de mucílago de nopal	-14.46400	11.63696	1.000	-51.1600	22.2320
	100% de mucílago de nopal	-25.13000	11.63696	0.431	-61.8260	11.5660
75% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	1.33800	11.63696	1.000	-35.3580	38.0340

	25% de mucílago de nopal	5.22200	11.63696	1.000	-31.4740	41.9180
	50% de mucílago de nopal	14.46400	11.63696	1.000	-22.2320	51.1600
	100% de mucílago de nopal	-10.66600	11.63696	1.000	-47.3620	26.0300
	0% de mucílago de nopal	12.00400	11.63696	1.000	-24.6920	48.7000
100% de mucílago de nopal	25% de mucílago de nopal	15.88800	11.63696	1.000	-20.8080	52.5840
	50% de mucílago de nopal	25.13000	11.63696	0.431	-11.5660	61.8260
	75% de mucílago de nopal	10.66600	11.63696	1.000	-26.0300	47.3620

Se compararon distintos porcentajes de MN (0%, 25%, 50%, 75% y 100%), obteniéndose diferencias de medias que variaron, por ejemplo, de 3.884 (entre 0% y 25%) hasta 12.004 (entre 0% y 100%), con errores estándar cercanos a 11.63696 en todas las comparaciones. En cada uno de los pares comparados, el valor de significancia fue de 1.000, y los intervalos de confianza al 95% incluyeron el cero (por ejemplo, entre -40.5800 y 32.8120 para la comparación 0% vs 25%, y entre -26.0300 y 47.3620 para la comparación 100% vs 75%). Dado que todos los valores p excedieron el umbral α de 0.05, se mantuvo la hipótesis nula, lo que indicaba que la adición de MN en las distintas proporciones evaluadas no alteró significativamente la succión de agua de los ladrillos artesanales de arcilla.

Prueba de hipótesis específica 4. Evaluación de la hipótesis a los valores del ensayo de absorción en ladrillos artesanales de arcilla con diversos porcentajes de MN

Prueba de normalidad de datos

Ho: Los datos muestran semejanza con una distribución de tipo normal.

H1: Los datos no presentan semejanza con una distribución normal.

Homogeneidad de varianzas

Hipótesis de la prueba de Levene

Ho: Las varianzas de los grupos son iguales.

H1: Al menos una de las varianzas es diferente.

Regla de decisión

Si el valor p es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula. Para la prueba de normalidad, esto indica que los datos no siguen una distribución normal; y para la prueba de Levene, que no existe homogeneidad de varianzas.

En cambio, si el valor p es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se asume normalidad en los datos y homogeneidad de varianzas, condiciones necesarias para aplicar adecuadamente el ANOVA de un factor.

Tabla 60

Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo de absorción de ladrillos

Pruebas de normalidad				
Porcentajes de mucílago de nopal		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Absorción de ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	0.707	5	0.011
	25% de mucílago de nopal	0.998	5	0.999
	50% de mucílago de nopal	0.872	5	0.277
	75% de mucílago de nopal	0.949	5	0.733
	100% de mucílago de nopal	0.902	5	0.420

En la prueba de normalidad, los resultados mostraron que para el 0% de MN, el valor p fue 0.011, que es menor que 0.05, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal. En cambio, para los otros porcentajes de mucílago (25%, 50%, 75%, y 100%), los valores p fueron 0.999, 0.277, 0.733 y 0.420, respectivamente, todos mayores que 0.05, lo que significa que no se rechaza la H_0 para estos porcentajes. Sin embargo, como al menos un valor p (0% de MN) es menor a 0.05, no se puede concluir que los datos sigan una distribución normal en ningún caso. Por lo tanto, los datos no son normales.

Tabla 61

Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del ensayo de absorción de ladrillos

Prueba de homogeneidad de varianza					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Absorción de ladrillos artesanales de arcilla con	Se basa en la media	3.103	4	20	0.039
	Se basa en la mediana	2.023	4	20	0.130

diferentes porcentajes de mucílago de nopal	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2.023	4	8.177	0.182
	Se basa en la media recortada	2.959	4	20	0.045

En la prueba de homogeneidad de varianzas, los resultados variaron según el método utilizado. Cuando se basó en la media, el valor p fue 0.039, menor que 0.05, lo que indica que no hay homogeneidad de varianzas. En cambio, al basarse en la mediana, el valor p fue 0.130, mayor que 0.05, lo que sugiere que sí hay homogeneidad de varianzas. Un análisis similar con la mediana ajustada también dio un valor p de 0.182, indicando que sí hay homogeneidad de varianzas. Finalmente, al utilizar la media recortada, el valor p fue 0.045, menor que 0.05, lo que señala que no hay homogeneidad de varianzas. Por lo tanto, los resultados indican que la homogeneidad de varianzas no se cumple cuando se usa la media y la media recortada, pero sí se cumple cuando se usa la mediana y la mediana ajustada.

Evaluación de la hipótesis mediante el test de Kruskal-Wallis a los valores del ensayo de absorción en ladrillos artesanales de arcilla con diversos porcentajes de MN

Ho: No existe diferencia significativa en la absorción de agua entre los ladrillos artesanales de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

H1: Existe diferencia significativa en la absorción de agua entre los ladrillos artesanales de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la Ho y se valida la H1.

Tabla 62

Prueba de Kruskal-Wallis a los resultados del ensayo de absorción en ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de MN

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
Absorción de ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de mucílago de nopal	
H de Kruskal-Wallis	9.280
gl	4
Sig. asintótica	0.054

a. Prueba de Kruskal Wallis
b. Variable de agrupación: Porcentajes de mucílago de nopal

La prueba de Kruskal-Wallis aplicada a los valores del ensayo de succión de agua en ladrillos artesanales de arcilla con diferentes porcentajes de MN permitió contrastar las Ho y

H1. El análisis arrojó un valor del estadístico H de 9.280 con 4 grados de libertad, obteniéndose una significancia asintótica de 0.054. Dado que el valor p es ligeramente superior al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, no se rechazó la hipótesis nula. Esto indicó que no existían diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de absorción de agua entre los ladrillos elaborados con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN. En consecuencia, se comprobó que la incorporación del MN en los porcentajes evaluados no produjo un efecto relevante en el comportamiento de succión de agua de los ladrillos artesanales de arcilla.

Post hoc a través de la prueba de Bonferroni para los valores del experimento de absorción en ladrillos de arcilla con diferentes porcentajes de MN

El análisis de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas en la absorción de agua de los ladrillos con distintas concentraciones de MN ($p = 0.054$). Sin embargo, para confirmar esta conclusión y evitar posibles errores tipo I, se realizó una comparación post hoc mediante el método de Bonferroni.

Ho: La adición de mucílago de nopal no tiene un efecto positivo en la absorción del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

H1: La adición de mucílago de nopal tiene un efecto positivo en la absorción del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la Ho y se valida la H1.

Tabla 63
Comparaciones múltiples mediante el método de Bonferroni para los datos reportados del ensayo de absorción

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
Bonferroni						
(I) Porcentajes de mucílago de nopal	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
25% de mucílago de nopal	0.93000	0.84498	1.000	-1.7346	3.5946	
0% de mucílago de nopal	1.35800	0.84498	1.000	-1.3066	4.0226	
50% de mucílago de nopal	-0.33800	0.84498	1.000	-3.0026	2.3266	
75% de mucílago de nopal						

	100% de mucílago de nopal	-1.28200	0.84498	1.000	-3.9466	1.3826
25% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-0.93000	0.84498	1.000	-3.5946	1.7346
	50% de mucílago de nopal	0.42800	0.84498	1.000	-2.2366	3.0926
	75% de mucílago de nopal	-1.26800	0.84498	1.000	-3.9326	1.3966
	100% de mucílago de nopal	-2.21200	0.84498	0.165	-4.8766	0.4526
50% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-1.35800	0.84498	1.000	-4.0226	1.3066
	25% de mucílago de nopal	-0.42800	0.84498	1.000	-3.0926	2.2366
	75% de mucílago de nopal	-1.69600	0.84498	0.584	-4.3606	0.9686
	100% de mucílago de nopal	-2.64000	0.84498	0.053	-5.3046	0.0246
75% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	0.33800	0.84498	1.000	-2.3266	3.0026
	25% de mucílago de nopal	1.26800	0.84498	1.000	-1.3966	3.9326
	50% de mucílago de nopal	1.69600	0.84498	0.584	-0.9686	4.3606
	100% de mucílago de nopal	-0.94400	0.84498	1.000	-3.6086	1.7206
100% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	1.28200	0.84498	1.000	-1.3826	3.9466
	25% de mucílago de nopal	2.21200	0.84498	0.165	-0.4526	4.8766
	50% de mucílago de nopal	2.64000	0.84498	0.053	-0.0246	5.3046
	75% de mucílago de nopal	0.94400	0.84498	1.000	-1.7206	3.6086

Se realizó la prueba de comparaciones múltiples utilizando el método de Bonferroni para evaluar las diferencias en la absorción de agua entre los ladrillos artesanales de arcilla con

distintos porcentajes de MN. Los análisis revelaron que no hubo diferencias significativas entre los grupos, ya que todos los valores p fueron superiores a 0.05. En particular, las diferencias de medias entre el 0% de MN y los otros porcentajes (25%, 50%, 75%, 100%) fueron 0.93000, 1.35800, -0.33800 y -1.28200, respectivamente, con valores p de 1.000 en todos los casos. De manera similar, las comparaciones entre los porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100% de mucílago también mostraron valores p mayores a 0.05, lo que reafirma que no existieron disparidades relevantes entre los grupos. Esto sugiere que la incorporación de MN en las concentraciones evaluadas no tuvo un impacto significativo en la absorción de agua de los ladrillos artesanales de arcilla.

Prueba de hipótesis específica 5. Evaluación de la hipótesis a los resultados del f^b característica (kg/cm²) en función del contenido de MN.

Prueba de normalidad de datos

Ho: Los datos muestran semejanza con una distribución de tipo normal.

H1: Los datos no presentan semejanza con una distribución normal.

Homogeneidad de varianzas

Hipótesis de la prueba de Levene:

Ho: Las varianzas de los grupos son iguales.

H1: Al menos una de las varianzas es diferente.

Regla de decisión

Si el valor p es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula. Para la prueba de normalidad, esto indica que los datos no siguen una distribución normal; y para la prueba de Levene, que no existe homogeneidad de varianzas.

En cambio, si el valor p es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se asume normalidad en los datos y homogeneidad de varianzas, condiciones necesarias para aplicar adecuadamente el ANOVA de un factor.

Tabla 64

Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo de resistencia a la compresión simple

Porcentajes de mucílago de nopal		Pruebas de normalidad		
		Estadístico	Shapiro-Wilk	
			gl	Sig.
f ^b característica (kg/cm ²) en función del	0% de mucílago de nopal	0.914	5	0.490
	25% de mucílago de nopal	0.901	5	0.417

contenido de mucílago de nopal	50% de mucílago de nopal	0.962	5	0.823
	75% de mucílago de nopal	0.903	5	0.425
	100% de mucílago de nopal	0.790	5	0.067

En la prueba de normalidad de los valores recolectados del ensayo de compresión simple en unidades con diferentes porcentajes de MN, los resultados del test de Shapiro-Wilk mostraron lo siguiente: para el 0% de MN, el valor p fue 0.490, para el 25% fue 0.417, para el 50% fue 0.823, para el 75% fue 0.425, y para el 100% fue 0.067. Dado que todos los valores p son mayores a 0.05, no se rechazó la hipótesis nula, lo que indica que los datos siguen una distribución normal para los diferentes porcentajes de MN. Esto sugiere que no existen desviaciones significativas de la normalidad en los datos recolectados.

Tabla 65

Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del ensayo de resistencia a la compresión simple

Prueba de homogeneidad de varianza					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
f ^b característica (kg/cm ²) en función del contenido de mucílago de nopal	Se basa en la media	3.342	4	20	0.030
	Se basa en la mediana	2.007	4	20	0.132
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2.007	4	10.954	0.163
	Se basa en la media recortada	3.200	4	20	0.035

En cuanto a la prueba de homogeneidad de varianzas, se aplicó el test de Levene. El resultado con base en la media presentó un valor p de 0.030, que es menor que 0.05, lo que indica que las varianzas no son homogéneas entre los grupos de diferentes porcentajes de MN. Sin embargo, cuando se utilizó la mediana y la media recortada, los valores p fueron 0.132 y 0.035, respectivamente. Esto sugiere que, dependiendo del método utilizado para evaluar la homogeneidad de varianzas, los resultados fueron mixtos. Por lo tanto, se concluye que no se cumple la condición de homogeneidad de varianzas con base en la media, pero sí se mantiene para la mediana ajustada y la mediana, lo que podría influir en la aplicación de pruebas paramétricas como el ANOVA.

Evaluación de la hipótesis mediante el test de Kruskal-Wallis a los resultados del ensayo de resistencia a la compresión simple con diferentes contenidos de MN

H₀: No existe diferencia significativa en la resistencia a la compresión de las unidades de ladrillo artesanal de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

H₁: Existe diferencia significativa en la resistencia a la compresión de las unidades de ladrillo artesanal de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la H₀ y se valida la H₁.

Tabla 66

Prueba de Kruskal-Wallis a los resultados del ensayo de resistencia a la compresión simple

Estadísticos de prueba^{a,b}	
	f´b característica (kg/cm2) en función del contenido de mucílago de nopal
H de Kruskal-Wallis	19.739
gl	4
Sig. asintótica	0.001
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Porcentajes de mucílago de nopal	

La evaluación de la hipótesis mediante el test de Kruskal-Wallis aplicada a los resultados de la resistencia a la compresión de las unidades de ladrillo artesanal de arcilla con diferentes porcentajes de MN permitió contrastar las H₀ y H₁. El valor del estadístico H obtenido fue 19.739 con 4 grados de libertad, y el valor p resultante fue 0.001. Dado que el valor p es menor al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se rechazó la H₀ y se validó la H₁. Esto indica que existen diferencias estadísticamente significativas en la resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN. En consecuencia, se concluye que el contenido de MN tiene un efecto relevante en la resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales de arcilla.

Post hoc a través de la prueba de Bonferroni para los valores del ensayo de resistencia a la compresión simple con diferentes contenidos de MN

El análisis de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas en la resistencia a la compresión simple de los ladrillos con distintas concentraciones de MN ($p = 0.001$). Para

confirmar esta evidencia y minimizar el riesgo de error tipo I, se aplicó una prueba post hoc de Bonferroni, para ratificar la presencia de diferencias significativas.

Ho: La adición de mucílago de nopal no tiene un efecto mínimo en la resistencia a la compresión simple del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

H1: La adición de mucílago de nopal tiene un efecto mínimo en la resistencia a la compresión simple del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la Ho y se valida la H1.

Tabla 67

Comparaciones múltiples mediante el método de Bonferroni para los datos del ensayo de resistencia a la compresión simple

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
Bonferroni						
(I) Porcentajes de mucílago de nopal		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0% de mucílago de nopal	25% de mucílago de nopal	-0.19800	2.80000	1.000	-9.0275	8.6315
	50% de mucílago de nopal	-11,48200*	2.80000	0.006	-20.3115	-2.6525
	75% de mucílago de nopal	4.87400	2.80000	0.971	-3.9555	13.7035
	100% de mucílago de nopal	20,11000*	2.80000	0.000	11.2805	28.9395
25% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	0.19800	2.80000	1.000	-8.6315	9.0275
	50% de mucílago de nopal	-11,28400*	2.80000	0.007	-20.1135	-2.4545
	75% de mucílago de nopal	5.07200	2.80000	0.851	-3.7575	13.9015
	100% de mucílago de nopal	20,30800*	2.80000	0.000	11.4785	29.1375
50% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	11,48200*	2.80000	0.006	2.6525	20.3115

	25% de mucílago de nopal	11,28400*	2.80000	0.007	2.4545	20.1135
	75% de mucílago de nopal	16,35600*	2.80000	0.000	7.5265	25.1855
	100% de mucílago de nopal	31,59200*	2.80000	0.000	22.7625	40.4215
75% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-4.87400	2.80000	0.971	-13.7035	3.9555
	25% de mucílago de nopal	-5.07200	2.80000	0.851	-13.9015	3.7575
	50% de mucílago de nopal	-16,35600*	2.80000	0.000	-25.1855	-7.5265
	100% de mucílago de nopal	15,23600*	2.80000	0.000	6.4065	24.0655
100% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-20,11000*	2.80000	0.000	-28.9395	-11.2805
	25% de mucílago de nopal	-20,30800*	2.80000	0.000	-29.1375	-11.4785
	50% de mucílago de nopal	-31,59200*	2.80000	0.000	-40.4215	-22.7625
	75% de mucílago de nopal	-15,23600*	2.80000	0.000	-24.0655	-6.4065

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Los resultados de la prueba de Bonferroni indican que la adición de MN tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión simple de los ladrillos de arcilla. La diferencia de medias entre el 0% y el 50% de MN fue de -11.482 kg/cm² ($p = 0.006$), y entre el 0% y el 100% de MN fue de -20.110 kg/cm² ($p < 0.001$), ambas diferencias siendo estadísticamente significativas. Además, las comparaciones entre el 50% y el 100% de MN mostraron diferencias significativas de -31.592 kg/cm² ($p < 0.001$), sugiriendo una mejora considerable en la resistencia a la compresión conforme aumentaba el porcentaje de mucílago. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre el 0% y el 25% de MN, ni entre el 25% y el 75% de mucílago, lo que indica que el efecto no es lineal en esos rangos. Por tanto, la adición de MN a partir del 50% mejora significativamente la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla.

Prueba de hipótesis específica 6. Evaluación de la hipótesis a los resultados del f´m característica (kg/cm²) en función del contenido de MN.

Prueba de normalidad de datos

Ho: Los datos muestran semejanza con una distribución de tipo normal.

H1: Los datos no presentan semejanza con una distribución normal.

Homogeneidad de varianzas

Hipótesis de la prueba de Levene:

Ho: Las varianzas de los grupos son iguales.

H1: Al menos una de las varianzas es diferente.

Regla de decisión

Si el valor p es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula. Para la prueba de normalidad, esto indica que los datos no siguen una distribución normal; y para la prueba de Levene, que no existe homogeneidad de varianzas.

En cambio, si el valor p es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se asume normalidad en los datos y homogeneidad de varianzas, condiciones necesarias para aplicar adecuadamente el ANOVA de un factor.

Tabla 68

Evaluación de la normalidad en los valores recolectados del ensayo de resistencia a la compresión en pilas

Porcentajes de mucílago de nopal		Pruebas de normalidad		
		Estadístico	Shapiro-Wilk	
			gl	Sig.
f´m característica (kg/cm ²) en función del contenido de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	0.952	5	0.749
	25% de mucílago de nopal	0.864	5	0.244
	50% de mucílago de nopal	0.993	5	0.988
	75% de mucílago de nopal	0.966	5	0.847
	100% de mucílago de nopal	0.904	5	0.431

Para evaluar la normalidad de los datos recolectados en el ensayo de resistencia a la compresión en pilas, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados muestran que todos los grupos de MN tienen valores de p mayores a 0.05, lo que sugiere que los datos siguen una distribución normal. En particular, los valores de p fueron 0.749 para el 0% de MN, 0.244 para el 25%, 0.988 para el 50%, 0.847 para el 75% y 0.431 para el 100%. Estos resultados permiten

concluir que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, los datos presentan semejanza con una distribución normal.

Tabla 69

Prueba de homogeneidad de varianza para los valores recolectados del ensayo de resistencia a la compresión en pilas

Prueba de homogeneidad de varianza					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
f'm característica (kg/cm ²) en función del contenido de muflago de nopal	Se basa en la media	0.499	4	20	0.737
	Se basa en la mediana	0.451	4	20	0.771
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.451	4	13.921	0.770
	Se basa en la media recortada	0.522	4	20	0.721

Por otro lado, la prueba de homogeneidad de varianzas, evaluada mediante el estadístico de Levene, mostró que los valores de p fueron todos mayores a 0.05. En el caso de la prueba basada en la media, el valor p fue 0.737, para la mediana fue 0.771, y para la media recortada fue 0.721. Esto indica que no hay diferencias significativas entre las varianzas de los grupos de MN, lo que sugiere que las varianzas son homogéneas.

Evaluación de la hipótesis por el test de ANOVA de un factor a los resultados del ensayo de resistencia a la compresión en pilas en función del contenido de MN

Ho: No existe diferencia significativa en la resistencia a la compresión en pilas de ladrillo artesanal de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

Hi: Existe diferencia significativa en la resistencia a la compresión en pilas de ladrillo artesanal de arcilla con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de MN.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la Ho y se valida la H1.

Tabla 70

Prueba de ANOVA de un factor a los resultados del ensayo de resistencia a la compresión en pilas

ANOVA					
Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	

Entre grupos	602.470	4	150.618	5.730	0.003
Dentro de grupos	525.711	20	26.286		
Total	1128.181	24			

El ANOVA aplicado a la RCP de ladrillo artesanal de arcilla con diferentes porcentajes de MN mostró una diferencia significativa entre los grupos. La suma de cuadrados entre grupos fue de 602.470, con 4 gl y una media cuadrática de 150.618. Dentro de los grupos, la suma de cuadrados fue de 525.711, con 20 gl y una media cuadrática de 26.286. El estadístico F obtenido fue 5.730, con un p – valor de 0.003 inferior al α establecido (0.05), lo que llevó a descartar la H_0 . Esto señala una disparidad importante en la RCP del ladrillo hecho a mano con arcilla, dependiendo del nivel de MN empleado, lo que demuestra que la presencia de MN impacta en la eficacia mecánica de las pilas de ladrillo.

Post hoc mediante la prueba de Tukey para los resultados d del ensayo de resistencia a la compresión en pilas con diferentes porcentajes de MN

El ANOVA unifactorial confirmó diferencias en la RCP de los ladrillos con distintos porcentajes de MN. Para identificar los grupos con variaciones significativas, se utilizó la prueba de Tukey.

H_0 : La adición de mucílago de nopal no tiene un efecto mínimo en la resistencia a la compresión en pilas del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

H_1 : La adición de mucílago de nopal tiene un efecto mínimo en la resistencia a la compresión en pilas del ladrillo artesanal de arcilla, Barranca, 2024.

El α es igual a 0.05.

Norma para tomar decisiones: En caso de que p sea menor o igual a 0.05, se descarta la H_0 y se valida la H_1 .

Tabla 71
Prueba de Tukey para los datos del ensayo de resistencia a la compresión en pilas

		HSD Tukey ^a	
Porcentajes de MN	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
100% de MN	5	29.7340	
75% de MN	5	32.3480	
0% de MN	5	34.5340	34.5340
25% de MN	5	36.2640	36.2640
50% de MN	5		44.2080
Sig.		0.295	0.051

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

El test de Tukey aplicada a los datos del ensayo de RCP de ladrillo de arcilla con desiguales porcentajes de MN evidenció la existencia de dos subconjuntos homogéneos en función del contenido de mucílago. El primer subconjunto agrupa a los ladrillos con 100% de mucílago (29.734 kg/cm²), 75% (32.348 kg/cm²) y 0% (34.534 kg/cm²), mientras que el segundo incluye a los ladrillos con 0% (34.534 kg/cm²), 25% (36.264 kg/cm²) y 50% (44.208 kg/cm²). El valor obtenido para la distinción de conjuntos fue de 0.295 y 0.051, lo cual sugiere que no se encontraron diferencias estadísticamente relevantes entre los grupos, ya que $p > 0.05$. Estos resultados sugieren que la incorporación del mucílago no genera un impacto significativo en la RCP, manteniéndose valores similares entre los diferentes porcentajes analizados.

Post hoc mediante el test T de Dunnett para los resultados del ensayo de resistencia a la compresión en pilas con diferentes porcentajes de MN

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente:							
(I) Porcentajes de mucílago de nopal			Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
T de Dunnett (bilateral) ^b	25% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	1.73000	3.24256	0.954	-6.8662	10.3262
	50% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	9,67400*	3.24256	0.025	1.0778	18.2702
	75% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-2.18600	3.24256	0.902	-10.7822	6.4102
	100% de mucílago de nopal	0% de mucílago de nopal	-4.80000	3.24256	0.404	-13.3962	3.7962

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

b. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Con el fin de confirmar los resultados obtenidos en la prueba de Tukey, se aplicó la prueba T de Dunnett tomando como grupo de control el 0% de MN. Los resultados indicaron que algunas comparaciones con respecto al grupo control presentaron diferencias significativas en las medias, mientras que otras no. Para el grupo con 25% de MN, la diferencia de medias fue de 1.73000 con un valor de significancia (p) de 0.954, lo que indica que no hay diferencias significativas entre este grupo y el grupo control, ya que el valor p es mayor a 0.05. En contraste, para el grupo con 50% de mucílago, la diferencia de medias fue de 9.67400 con un

valor p de 0.025, lo que demuestra una diferencia significativa. Además, los intervalos de confianza al 95% (1.0778, 18.2702) no incluyen el cero, lo que refuerza la significancia estadística de la diferencia. En los grupos de 75% y 100% de MN, las diferencias de medias fueron -2.18600 y -4.80000, respectivamente, con valores de p de 0.902 y 0.404, lo que indica que no hubo diferencias significativas en comparación con el grupo control, dado que ambos valores p son mayores a 0.05.

11.2. Discusión

Con referencia al primer objetivo, la variación dimensional de los ladrillos artesanales de arcilla tipo I evaluados mostró resultados que, en términos generales, se mantuvieron dentro de los límites normativos dispuesto por la regla E.070. En comparación con el trabajo de Vilcas (2020), donde se analizó la variabilidad dimensional de BTC con inclusión de MN, se observó que los valores obtenidos en ambos estudios reflejan una estabilidad dimensional significativa. Por ejemplo, en la presente investigación, la variación en la longitud osciló entre 1.24% y 1.84%, representando entre 31% y 46% del límite normativo, mientras que en el estudio de Vilcas (2020), la variación más alta registrada en la misma dimensión fue de 0.131% para BTC con 40% de MN, lo que indica una inferior variabilidad en dicho material. De manera similar, en términos de ancho, la presente investigación registró variaciones entre 0.9% y 2.1%, valores que, aunque mayores que los obtenidos por Vilcas (2020), siguen estando dentro de los márgenes permisibles. En cuanto a la altura, los ladrillos evaluados mostraron fluctuaciones entre 0.75% y 2.36%, mientras que, en el estudio comparado, la variación máxima alcanzó 1.19% con 40% de MN. Esto sugiere que, si bien ambos materiales presentan estabilidad dimensional, los BTC de Vilcas (2020) experimentaron variaciones más bajas, lo que podría atribuirse a la compresión del material en su proceso de fabricación.

En alusión al segundo objetivo específico, se observó una disminución gradual en el alabeo de los ladrillos de arcilla tipo I conforme se incrementó el contenido de MN en la combinación. Mientras que los ladrillos sin mucílago presentaron una convexidad promedio de 3.17 mm y una concavidad de 3.00 mm, los valores disminuyeron con la adición del aditivo, alcanzando su menor nivel con un 100% de mucílago (2.36 mm de convexidad y 1.00 mm de concavidad). En contraste, el estudio de Céspedes & Rivera (2022) reportó valores de alabeo considerablemente inferiores. Por ejemplo, en los ladrillos con 100% de mucílago, la deformación máxima registrada fue de 0.5 mm, lo que representa una reducción mucho mayor respecto a la presente investigación. A pesar de esta diferencia, en ambos estudios se evidenció que el MN favoreció la estabilidad dimensional de los ladrillos. No obstante, las discrepancias

en los hallazgos pueden ser atribuidas a diversos elementos, tales como la estructura del barro, el procedimiento de producción y las cantidades de mucílago empleadas en cada estudio. Mientras que en el presente estudio se analizaron valores intermedios de mucílago (25%, 50%, 75% y 100%), en la investigación de Céspedes & Rivera (2022) se emplearon proporciones distintas (4:1, 2:2 y 3:1), lo que pudo influir en la variabilidad de los resultados.

En referencia al objetivo específico 3, los datos sobre la succión del agua en los ladrillos artesanales de arcilla tipo I evidenciaron una reducción inicial conforme se incrementó el contenido de MN en la mezcla; sin embargo, en todos los casos, la succión superó el rango normativo recomendado por la E.070 (10-20 gr/min/200 cm²). En particular, los ladrillos sin mucílago presentaron una succión de 66.96 gr/min/200 cm², mientras que con 25% y 50% de mucílago, la absorción disminuyó a 63.08 y 53.84 gr/min/200 cm², respectivamente. No obstante, al aumentar la concentración de mucílago a 75% y 100%, la succión se incrementó nuevamente a 68.30 y 78.97 gr/min/200 cm², lo que indicó que el efecto del mucílago no fue lineal. En contraste, el estudio de Chávez (2020) sobre ladrillos ecológicos de tierra-cemento y residuos pétreos reveló que, a pesar de una mayor succión en comparativa con los bloques de arcilla, el aumento de mucílago presentó una estabilidad superior. Por ejemplo, los ladrillos sin mucílago presentaron una succión de 100.132 gr/min/200 cm², mientras que aquellos con 50% de mucílago redujeron su succión a 81.238 gr/min/200 cm² y con 100% alcanzaron 73.412 gr/min/200 cm². A diferencia de los ladrillos de arcilla, donde un mayor contenido de mucílago provocó un aumento en la succión, en los ladrillos ecológicos el efecto fue inverso, lo que sugiere que la combinación con residuos pétreos y cemento podría haber mejorado la retención de agua.

En correspondencia al cuarto objetivo específico, se estableció que la capacidad de absorción de agua en los ladrillos hechos a mano de arcilla categoría I cumplió con el tope superior del 22% indicado en la regla E.070. Específicamente, los ladrillos sin mucílago registraron una absorción del 12.73%, mientras que con la incorporación del 25% y 50% de mucílago, los valores disminuyeron a 11.80% y 11.37%, respectivamente, lo que reflejó una mejora en la impermeabilidad del material. No obstante, al incrementar la proporción a 75% y 100%, la absorción aumentó a 13.07% y 14.01%, evidenciando un efecto adverso posiblemente relacionado con cambios en la porosidad. De manera similar, Santander (2022) analizó el impacto del mucílago de linaza en la absorción de agua en adobes y observó que, en un lapso de un día entero bajo agua, las muestras sin mucílago presentaron la mayor absorción con un promedio de 21.25%, mientras que aquellas con 3%, 9% y 12% de mucílago redujeron este valor a 18.31%, 14.24% y 12.56%, respectivamente. Si bien en ambos estudios se evidenció

que el mucílago contribuyó a disminuir la absorción de agua, en el caso de los ladrillos, concentraciones superiores al 50% revirtieron este beneficio, mientras que, en los adobes, la tendencia descendente se mantuvo hasta el 12% de adición.

Conforme al objetivo específico 5, se evidenció que la anexión de MN en proporciones moderadas mejoró la RCS de los ladrillos de arcilla tipo I, logrando un rendimiento máximo de 54.41 kg/cm² con un 50% de mucílago. Sin embargo, al superar esta cantidad, la resistencia disminuyó significativamente, registrando 28.42 kg/cm² con un 100% de mucílago. Estos resultados pueden compararse con los obtenidos por Rojas-Valencia (2020), quien analizó las cualidades mecánicas de los Recoblocks con adición de mucílago de *Opuntia ficus*, demostrando un ascenso del 59% en la RC en contraste con los bloques sin este aditivo. En contraste con la indagación actual, donde la resistencia se redujo al aumentar la cantidad de mucílago, los Recoblocks mostraron una mejora constante en su resistencia estructural, lo que indica que la mezcla de mucílago con minerales como la plagioclasa podría haber influido en el desarrollo de sus cualidades mecánicas. Además, mientras que en la presente investigación la resistencia mínima requerida de 50 kg/cm² solo se superó con un 50% de mucílago, en el estudio de Rojas-Valencia (2020) los Recoblocks cumplieron con los estándares internacionales de resistencia establecidos en países como Brasil, Colombia, España, Francia y Kenia.

En cuanto al sexto objetivo específico, se estableció que la RCP de los ladrillos artesanales de arcilla tipo I varió según el contenido de MN, ya que los ladrillos sin MN presentaron un valor de 30.69 kg/cm², inferior al mínimo normativo de 35 kg/cm², mientras que con 50% de mucílago incremento a 40.82 kg/cm², superando dicho umbral; no obstante, con 75% y 100% de mucílago, la resistencia se redujo a 26.67 kg/cm² y 22.22 kg/cm², respectivamente. Igualmente, Vilcas (2020) encontró que en bloques de tierra comprimida (BTC) sin mucílago la resistencia fue de 6.49 kg/cm², pero con 20% y 40% de mucílago disminuyó a 3.07 kg/cm² y 4.72 kg/cm², correspondientemente, aunque con 60% de mucílago se incrementó significativamente a 18.50 kg/cm². Estos resultados evidencian que la influencia del mucílago en la resistencia mecánica depende del tipo de material empleado, ya que, mientras en los ladrillos de arcilla la mayor resistencia se alcanzó con 50% de mucílago, en los BTC el mejor desempeño se obtuvo con 60%, lo que sugiere que la composición del material base juega un papel determinante en la interacción con el aditivo. A pesar de que, en ambos estudios se observó que el uso moderado de mucílago mejoró la RCP hasta un punto óptimo, tras el cual su exceso generó efectos negativos, lo que subraya la relevancia de una dosis apropiada según el tipo de material utilizado.

XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La adición de MN en los ladrillos artesanales de arcilla mejora algunas particularidades mecánicas y de absorción en concentraciones moderadas, especialmente en un 50%, donde se logran los mejores resultados en resistencia y estabilidad. Sin embargo, porcentajes superiores generan efectos negativos, afectando la resistencia y la porosidad del material. Esto evidencia la relevancia de hallar un equilibrio adecuado al integrarlo para aprovechar al máximo las ventajas sin afectar la resistencia estructural del ladrillo.

La variación dimensional en los ladrillos con MN se mantuvo en los límites normados por el reglamento E.070, lo que corrobora que el material no produce deformaciones importantes. En largo, el menor cambio se obtuvo con 75% de mucílago (-1.24%), lo que representa una mejora del 12.67% respecto al ladrillo patrón (-1.42%). En ancho, el 50% de mucílago (-0.90%) presentó la menor variación, mejorando en 44.44% en comparación con el ladrillo patrón (1.62%). En altura, el 75% de mucílago (0.75%) mostró la menor variación, con una mejora del 68.22% respecto al ladrillo patrón (2.36%). Esto evidencia que la anexión de MN, en porcentajes óptimos, potencia la estabilidad dimensional del ladrillo sin comprometer su cumplimiento normativo.

El alabeo en los ladrillos de arcilla tipo I disminuyó con la suma de MN, alcanzando su menor deformación con 100% de mucílago (2.36 mm de convexidad y 1.00 mm de concavidad). Esto representa una mejora del 25.55% en convexidad y 66.67% en concavidad respecto al ladrillo patrón (3.17 mm de convexidad y 3.00 mm de concavidad). En cada situación, los valores estuvieron por debajo del tope máximo de 10 mm fijado por la regla E.070, lo que señala que el MN no solo aumenta la firmeza del ladrillo, sino que a su vez disminuye considerablemente su distorsión, colaborando en lograr una estructura más homogénea.

La succión de agua mostró una tendencia decreciente con la incorporación de MN, alcanzando su menor valor con un 50%, donde se registró 53.84 gr/min/200 cm², lo que representa una mejora del 19.63% respecto al ladrillo patrón (66.96 gr/min/200 cm²). No obstante, al incrementar el contenido de mucílago por encima de este porcentaje, la succión volvió a aumentar, alcanzando 78.97 gr/min/200 cm² con 100% de mucílago, lo que afecta

negativamente la eficiencia del material. A pesar de la reducción observada en algunos casos, ningún ladrillo logró ubicarse dentro del rango recomendado por la regla E.070 (10-20 gr/min/200 cm²), evidenciando la necesidad de implementar estrategias adicionales para mejorar esta propiedad y optimizar la durabilidad del producto.

En términos de absorción de agua, todos los ladrillos evaluados cumplen con el límite máximo de absorción de agua del 22% definido en la regla E.070. El ladrillo patrón (0% de mucílago) presentó una absorción de 12.73%, mientras que la adición de 50% de mucílago redujo este valor a 11.37%, representando una mejora del 10.69% en comparación con el ladrillo patrón, lo que indica una menor porosidad y una mayor capacidad de resistencia en absorber agua. Sin embargo, al incrementar el contenido de mucílago por encima del 50%, la absorción aumentó progresivamente, alcanzando 14.01% con 100% de mucílago, evidenciando que una cantidad excesiva afecta negativamente la estructura del material.

El análisis de la RCS de los ladrillos de arcilla tipo I indicó que el ladrillo patrón (0% de mucílago) no cumplió con el reglamento E.070, al presentar una resistencia de 44.04 kg/cm², por debajo del mínimo exigido de 50 kg/cm². A pesar de esto, la adición de 50% de MN optimizó esta propiedad, elevando la resistencia a 54.41 kg/cm², lo que representa un incremento de 10.37 kg/cm² (23.54%) respecto al ladrillo patrón, logrando así cumplir con el requerimiento normativo. Por otro lado, una concentración del 25% de mucílago también generó una mejora, alcanzando 46.65 kg/cm² (5.93% más que el ladrillo patrón), aunque sin cumplir con la norma. En contraste, la resistencia disminuyó progresivamente con proporciones superiores al 50%, evidenciando que un exceso de mucílago afecta negativamente la capacidad mecánica del ladrillo.

En correspondencia a la RCP, se notó que el ladrillo patrón (0% de mucílago) tampoco cumplió con la regla E.070, al presentar una resistencia de 30.69 kg/cm², por debajo del mínimo requerido de 35 kg/cm². La integración del 50% de MN mejoró considerablemente esta propiedad, alcanzando 40.82 kg/cm², lo que representa un incremento de 10.13 kg/cm² (33.01%) respecto al ladrillo patrón, permitiendo así cumplir con la normativa. Asimismo, con un 25% de mucílago, la resistencia aumentó a 32.2 kg/cm² (4.92% más que el ladrillo patrón), aunque sin llegar al requisito mínimo. Al igual que en el caso de la compresión simple, concentraciones superiores al 50% redujeron la resistencia, evidenciando que una cantidad excesiva de mucílago compromete la estructura del ladrillo.

Finalmente, el mucílago de nopal demostró mantener su funcionalidad tras el proceso de cocción. Su incorporación previa al conformado promovió una mayor cohesión entre las partículas de arcilla y una distribución más uniforme de la masa, lo que se tradujo en una

disminución significativa de la porosidad del material. Estos efectos se corroboraron mediante los resultados obtenidos en los ensayos, confirmando la eficacia del mucílago como aditivo natural en la mejora del desempeño del ladrillo hecho a mano.

Recomendaciones

Es conveniente evaluar la aplicación específica del ladrillo antes de determinar la proporción de mucílago, asegurando que el 50% sea el límite superior en diseños donde se requiera resistencia estructural. Además, se sugiere investigar la combinación del mucílago con otros aditivos que puedan mejorar la cohesión sin afectar la porosidad del material.

Para minimizar los cambios en las dimensiones del ladrillo sin afectar su cumplimiento normativo, es conveniente utilizar entre un 50% y 75% de mucílago. Estos valores mantienen la estabilidad del material, evitando deformaciones excesivas en largo, ancho y altura. Un control riguroso en la dosificación y homogeneización del mucílago garantizará mejores resultados en la fabricación.

Para lograr una disminución significativa de la deformación sin comprometer la estructura, es preferible trabajar con un 100% de mucílago. En esta etapa, se anotan los mínimos valores de convexidad y concavidad que se encuentran dentro de los rangos permitidos por la regulación vigente. Además, complementar el proceso con un secado controlado reducirá aún más las irregularidades en la superficie del ladrillo.

Para reducir la absorción de agua y mejorar la durabilidad del ladrillo, es más efectivo emplear un 50% de mucílago. Este porcentaje permite disminuir la succión en un 19.63% respecto al ladrillo patrón. No obstante, dado que ningún ladrillo cumple con la norma E.070 en esta propiedad, se recomienda aplicar selladores o aditivos hidrofóbicos para alcanzar los valores requeridos.

Para obtener una menor porosidad y mayor resistencia a la humedad, resulta más conveniente incorporar un 50% de mucílago, ya que se logró reducir la absorción en un 10.69% respecto al ladrillo patrón. Se debe evitar el uso de concentraciones mayores, ya que aumentan la permeabilidad del material. Complementar el proceso con una cocción controlada podría ayudar a mejorar aún más esta propiedad.

Para garantizar que los ladrillos cumplan con la norma E.070 y soporten cargas adecuadas, la mejor opción es emplear un 50% de mucílago, ya que incrementa la resistencia en un 23.54%, permitiendo alcanzar los 54.41 kg/cm². Superar este porcentaje resulta contraproducente, pues disminuye la capacidad mecánica del material. Una adecuada compactación en la fabricación contribuirá a mantener estos valores óptimos.

Para optimizar la capacidad estructural del ladrillo en conjunto, se recomienda utilizar un 50% de mucílago, lo que permite incrementar la resistencia en pilas en un 33.01% y cumplir con los estándares normativos. No obstante, mantener un adecuado proceso de curado y cocción será clave para evitar pérdidas de resistencia en concentraciones superiores.

XIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Abraján, M. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (Opuntia ficus-índica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible* [Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/3794>
- Afanador, N., Gómez, G., & Sepulveda, R. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(1), 101–119. 10.18359/rcin.248
- Aguilar-Penagos, A., Gómez-Soberón, J., & Rojas-Valencia, M. (2017). Physicochemical, Mineralogical and Microscopic Evaluation of Sustainable Bricks Manufactured with Construction Wastes. *Applied Sciences*, 7(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/app7101012>
- Andres, L., & Machco, G. (2023). *Comparación de la adición de viruta de eucalipto y mucílago de tuna en las propiedades del adobe, Pampas, Huánuco 2023* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/132418>
- Andreuccetti, C., Galicia, T., Martínez-Bustos, F., Grosso, R. F., & González-Núñez, R. (2021). Effects of Nopal Mucilage (*Opuntia ficus-indica*) as Plasticizer in the Fabrication of Laminated and Tubular Films of Extruded Acetylated Starches. *International Journal of Polymer Science*, 2021(3), 1–9. 10.1155/2021/6638756
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica* (Sexta edic). <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Céspedes, R., & Rivera, R. (2022). *Mucilago de nopal como aditivo natural en el desarrollo de altas resistencias a compresión en ladrillos artesanales, Andahuaylas 2022* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90076>
- Chandra, S., Eklund, L., & R, V. (1998). Use of Cactus in Mortars and Concrete. *Cement and*

Concrete. *Cement and Concrete Research*, 28(1), 41–45. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(97\)00254-8](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(97)00254-8)

Chavez, J. (2020). *Influencia del mucilago de tuna en las características físico-mecánicas del ladrillo ecológico con residuos pétreos en Trujillo* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66660>

CISMID. (2005). *CONSTRUYENDO EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CON TECNOLOGÍAS APROPIADAS. GUÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN CON ALBAÑILERÍA*. <https://www.cismid.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2019/12/ESPAnOL-FINAL-web.pdf>

Cubas, C. (2017). *Determinación de las propiedades físico - mecánicas de ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo* [Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1105>

Delgado, M., & Llorca, J. (2004). Estudios longitudinales: concepto y particularidades. *Revista Española de Salud Pública*, 78(2), 141–148. <https://www.redalyc.org/pdf/170/17078202.pdf>

Del Río, J. (1975). *Materiales de construcción* (4.^a ed.). Juan Bruger.

Díaz-Blanco, Y., Menchaca-Campos, C., Rocabruno-Valdés, C., & Uruchurtu-Chavarín, J. (2019). Influencia de un aditivo natural (mucílago de nopal) en las propiedades electroquímicas del acero de refuerzo del concreto. *Revista de La Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de La Construcción*, 9(3), 260–276. <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i3.429>

Espores. La veu del Botànic. (2014). *Un purificador de agua natural...e invasor*. Revista de Divulgación Científica Del Jardí Botànic de La Universitat de València. <https://espores.org/es/es-plantas/un-purificador-de-agua-natural-e-invasor/>

Farfan-Cabrera, L., Aguilar-Rosas, O., Pérez-González, J., Marín-Santibañez, B., & Rodríguez-González, F. (2024). Viscoelastic Water-Based Lubricants with Nopal Cactus Mucilage as Green Metalworking Fluids. *Lubricants*, 12(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/lubricants12020056>

- Fernandez, F., Badalamenti, S., Lombardo, A., & A Forte. (2024). Use of prickly pear (nopal) mucilage in construction applications: research and results. *Life Safety and Security*, 12(1), 1–11. 10.12882/2283-7604.2024.12.8
- Fernández, P. (2016). Acerca de los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación educativa cubana actual. *Atenas*, 2(34), 1–11. <https://www.redalyc.org/journal/4780/478054643001/478054643001.pdf>
- Figueroa, K., Domínguez, L., & Ramírez, R. (2023). Fabricación del Bloque Residual Ensamblable a base de bagazo y vinaza de mezcal, tierra arcillosa, lodo de papel y mucílago de nopal. *Memorias Del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(1), 66–70.
- Gallegos, H., Jiménez, R., Rasselet, C., Lavatelli, C., Barrón, G., & Ortiz, J. (1977). *Estudio integral de la construcción con albañilería: en busca de una solución económica para la vivienda multifamiliar*.
- García-García, J., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. (2017). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación En Educación Médica*, 43(4), 217–224. <https://www.redalyc.org/pdf/3497/349733226007.pdf>
- Gerencia Regional Agraria La Libertad. (2009). *EL CULTIVO DE TUNA. Opuntia ficus indica*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1908196/MANUAL TECNICO DE TUNA.pdf.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1908196/MANUAL_TECNICO_DE_TUNA.pdf.pdf)
- González, K., Sánchez, R., Pita, D., & Pérez, L. (2019). Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros verdes. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 20(3), 1–9. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.030>.
- Guadarrama-Lezama, A., Castaño, J., Velazquez, G., Carrillo-Navas, H., & Alvarez-Ramírez, J. (2021). Influence of age on molecular characteristics and rheological behavior of nopal mucilage. *Journal of Food Science and Technology*, 9(1), 1–10. 10.1002/fsn3.2629
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. In *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill.

<http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>

Hernández, S., & Duana, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, 9(17), 51–53. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019>

ITINTEC 331.017. (1978). *ELEMENTOS DE ARCILLA COCIDA Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería Requisitos*.

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciaAmérica*, 3, 34–39. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

Mondragón-Jacobo, C., Pérez-Gonzalez, S., Arias, E., Reynolds, S., & Sánchez, M. (2003). *El Nopal (Opuntia spp.) como forraje* (FAO (ed.)). https://books.google.com.pe/books?id=oSrtV5X_x3YC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Moreno, F. (1981). *El ladrillo en la construcción*. Ediciones CEAC.

MVCS. (2019). *NORMA E.070 ALBAÑILERÍA*. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-ileria-sencico.pdf>

Nobel, P. (1999). *Biología ambiental*.

NTP 399.613. (2005). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*.

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

Perez, J., García, H., Ruiz, R., González, L., Guzmán, E., Molina, W., & Seras, M. (2022). Comportamiento mecánico de arcillas estabilizadas con cementantes y mucilago de nopal. *Conference: Memorias Del X Congreso Nacional de Alconpat México*, 165 – 171. [10.21041/memoriasdecongresoXCNAM2022](https://doi.org/10.21041/memoriasdecongresoXCNAM2022)

Poicon, A. (2017). *Análisis y evaluación del riesgo sísmico en edificaciones de albañilería en el centro del distrito de Catacaos-Piura*. Universidad Nacional de Piura.

- Ramírez-Arellanes, S., Cano-Barrita, P., Julián-Caballero, F., & Gómez-Yáñez, C. (2012). Propiedades de durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural. *Materiales de Construcción*, 62(307), 327–341. <https://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/818/873>
- Ramos, I. (2021). *Análisis de las características físico mecánicas de las arcillas del C.P. El Tambo para la producción de ladrillo artesanal, Bambamarca, 2018* [Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/items/be7c7bc8-bc67-4710-ae18-e9d217fddb50>
- Ramsey, J. (1999). *Evaluación del comportamiento del adobe estabilizado con cal y goma de tuna*. Universidad Nacional Agraria.
- Rodríguez-González, S., Martínez-Flores, H., Órnelas-Nuñez, J., & Garnica-Romo, M. (2011). *OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL (Opuntia ficus-indica)*. <https://smbb.mx/congresos/smbb/queretaro11/TRABAJOS/trabajos/III/carteles/CIII-71.pdf>
- Rodríguez, C., Oré, J., & Vargas, D. (2021). *Las variables en la metodología de la investigación científica* (3Ciencias (ed.)). <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5jFJEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA23&dq=poblacion+muestra+unidad+de+analisis+en+una+investigacion+&ots=3ekrEBwj6X&sig=R380iroRGasYxjb048Kvz0rVMIs#v=onepage&q&f=false>
- Rojas-Valencia, M., Lopez-López, J., Fernández-Rojas, D., Gómez-Soberón, J., & Vaca-Mier, M. (2020). Analysis of the Physicochemical and Mineralogical Properties of the Materials Used in the Preparation of Recoblocks. *Materials*, 13(16), 1–17.
- Ruiz-García, S. (2005). *Concreto autoconsolidable para climas cálidos utilizando solución de extracto de nopal y polvo de caliza*. Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Sáenz, C., & Sepúlveda, E. (1993). Alternativas de industrialización de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). *Alimentos*, 18, 29–32.
- San Bartolomé, R. (1994). *Construcciones de Albañilería, Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural* (Fondo editorial PUCP (ed.)).

- Santander, E. (2022). *Mucílago de linaza en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del adobe para viviendas rurales, Huancane – Puno 2022* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98181>
- Solano, S., Rodríguez-González, F., Martínez-Velarde, R., & Campos-Mendiola, R. (2022). CHEMICAL COMPOSITION OF NOPAL MUCILAGE AT DIFFERENT MATURITY STAGES. *Agrociencia*, 1–12. 10.47163/agrociencia.v56i2.2726
- Somayaji, S. (2001). *Civil engineering materials* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Srisuwan, A., & Phonphuak, N. (2020). Physical property and compressive strength of fired clay bricks incorporated with paper waste. *Journal of Metals Materials and Minerals*, 30(1), 103–108. 10.55713/jmmm.v30i1.598
- Vilcas, C. (2020). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de bloques de tierra comprimida con adición de mucílago de nopal en la ciudad de Huancayo, año 2019* [Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8433>
- Ybáñez, I. (2023). *80% de las viviendas en el Perú son autoconstruidas y altamente vulnerables ante desastres naturales*. Infobae Perú. <https://www.infobae.com/peru/2023/02/18/80-de-las-viviendas-en-el-peru-son-autoconstruidas-y-altamente-vulnerables-ante-desastres-naturales/>

XIV. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	Metodología
General			Variable 1		Color de la penca. Tamaño de la penca. Viscosidad óptima.	
¿Cuál es el efecto de la adición de mucílago de nopal en las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla, barranca 2024?	Determinar qué efecto causa la adición de mucílago de nopal en las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.	La adición de mucílago de nopal causa un efecto positivo en las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024. .	Variable independiente: Mucílago de nopal.	Tipo de penca de nopal		
Específicos			Variable 2			
A) ¿De qué manera incide la adición de mucílago de nopal en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024?	A) Determinar la incidencia de la adición de mucílago de nopal en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.	A) La adición de mucílago de nopal incide positivamente en la variación dimensional del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.		Variación dimensional	Dimensiones de longitudes.	
B) ¿Cómo altera la adición de mucílago de nopal el alabeo del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024?	B) Determinar cómo altera la adición de mucílago de nopal en el alabeo del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.	B) La adición de mucílago de nopal altera mínimamente el alabeo del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.		Alabeo.	Concavidad o convexidad.	
C) ¿Cuál es la implicancia de la adición de mucílago de nopal en la succión del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024?	C) Determinar la implicancia que tiene la adición de mucílago de nopal en la succión del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.	C) La adición de mucílago de nopal tiene alta implicancia en la succión del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.		Succión.	Rapidez de su superficie en absorber agua.	Tipo: Aplicada.
D) ¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de nopal en la absorción del ladrillo artesanal de arcilla, barranca 2024?	D) Determinar qué efecto causa la adición de mucílago de nopal en la absorción del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.	D) La adición de mucílago de nopal tiene un efecto positivo en la absorción del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.		Absorción.	Capacidad en retener agua expresada en porcentaje.	Enfoque: Cuantitativa
E) ¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de nopal en la resistencia a la compresión simple del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024?	E) Determinar qué efecto provoca la adición de mucílago de nopal en la resistencia a la compresión simple del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.	E) La adición de mucílago de nopal tiene un efecto mínimo en la resistencia a la compresión simple del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.	Variable dependiente: Propiedades del ladrillo artesanal de acilla.	Resistencia a la compresión simple.	Fuerza máxima permisible por unidad de área.	Diseño: Cuasi-experimental
F) ¿Qué efecto tiene la adición de mucílago de nopal en la resistencia a la compresión en pilas del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024?	F) Determinar qué efecto provoca la adición de mucílago de nopal en la resistencia a la compresión en pilas del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.	F) La adición de mucílago de nopal tiene un efecto mínimo en la resistencia a la compresión en pilas del ladrillo artesanal de arcilla, barranca, 2024.		Resistencia a la compresión en pilas.	Fuerza máxima permisible en unidades unidas por unidad de área.	

Anexo 2. Panel fotográfico

02.01. Recolección de pencas de Nopal



02.02. Picado de las pencas de Nopal para la obtención del Mucílago



02.03. Obtención del mucílago de Nopal luego del Macerado



02.04. Traslado del mucílago de Nopal para la fabricación del ladrillo



02.05. Mezcla del mucílago con arcilla para la fabricación del ladrillo





02.06. Enumeración de los ladrillos de diferentes porcentajes

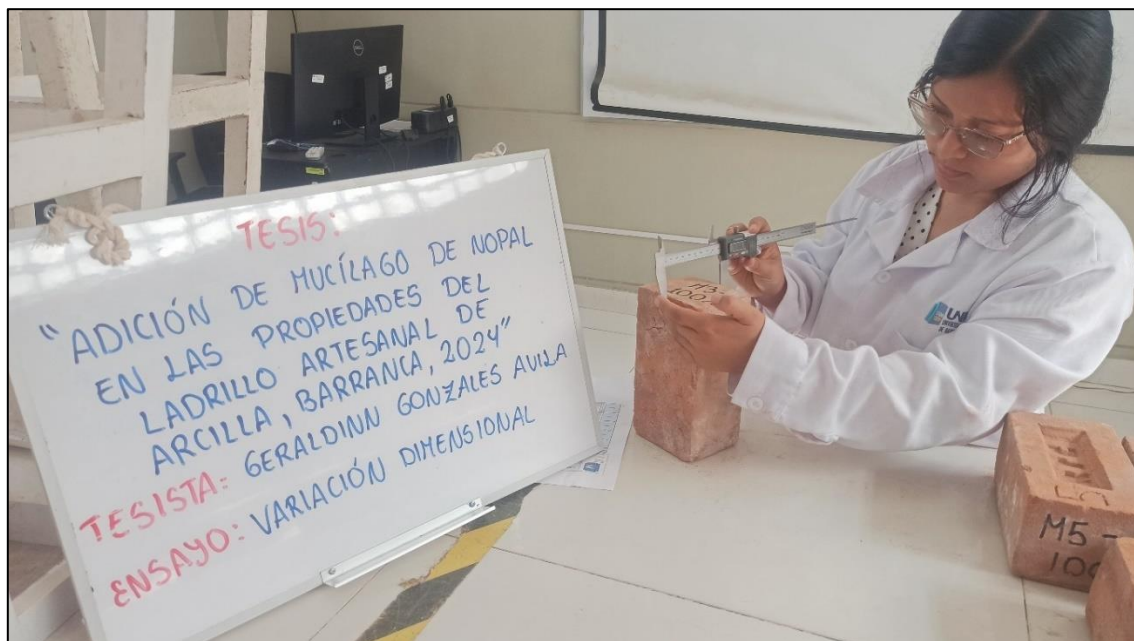
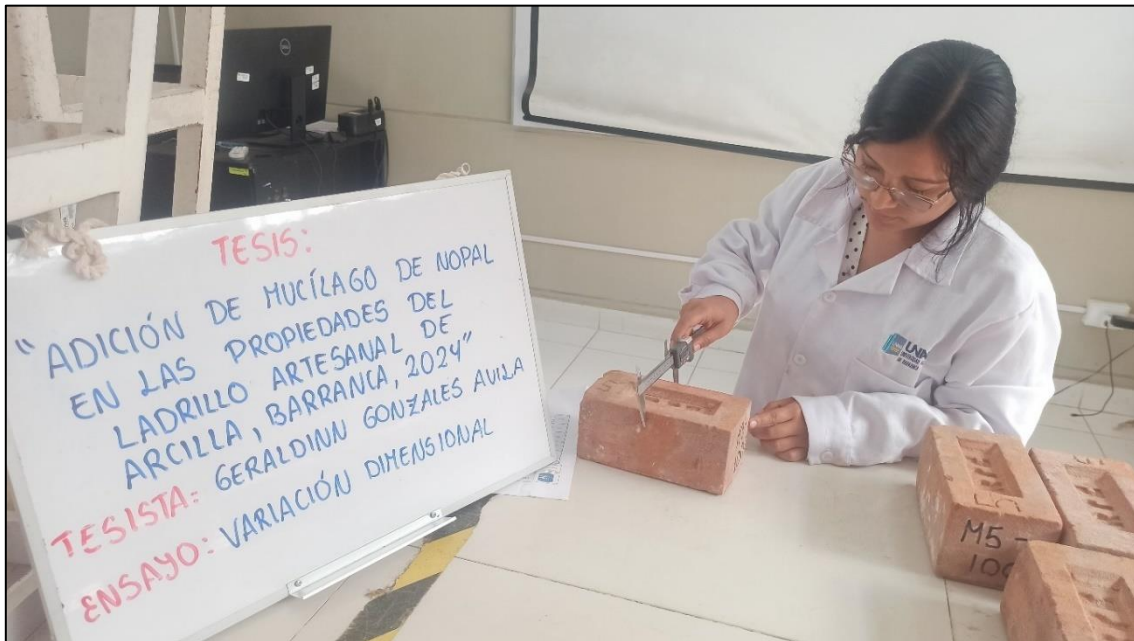




02.07. Retirado de los ladrillos artesanales del horno



02.08. Ensayo de Variación Dimensional



02.09. Secado de ladrillos en el horno para el ensayo de succión



02.10. Ensayo de succión





02.11. Ensayo de succión



02.12. Refrentado de los ladrillos



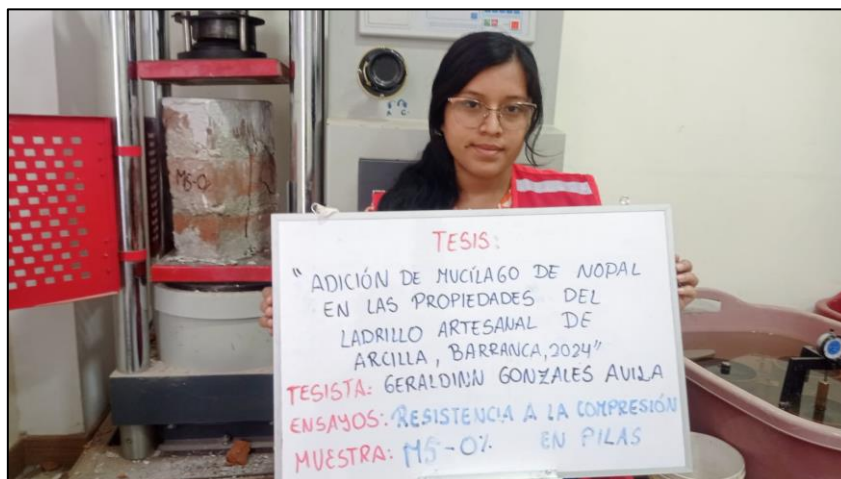
02.13. Ensayo de resistencia a la compresión simple



02.14. Materiales para la construcción de pilas



02.15. Ensayo de resistencia a la compresión en pilas





Anexo 3. Ensayos de Laboratorio

03.01.Viscosidad del Mucílago de Nopal

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORIA E.I.R.L.
	ENSAYO DE VISCOSIDAD

Tesista:	Gonzales Avila, Geraldinn Patricia
Proyecto:	ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024
Localización :	Barranca-Barranca-Lima
Muestra N°:	M-1
Fecha:	Del 01/09/2024 al 30/09/2024

VISCOSIDAD DE MUCÍLAGO DE NOPAL MUESTRA N°01										
Días	Descripción	Masa (g)	Radio de canica (cm)	Volumen (cm3)	Densidad (g/cm3)	Distancia (cm)	Tiempo (seg)	Gravedad (cm/seg2)	Velocidad (cm/seg)	Viscosidad (Poise)
A LOS 3 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.320	981	109.375	4.491
	MUCÍLAGO	1002.50		1000	1.003					
A LOS 6 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.410	981	85.366	5.752
	MUCÍLAGO	1003.00		1000	1.003					
A LOS 9 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.510	981	68.627	7.153
	MUCÍLAGO	1003.50		1000	1.004					
A LOS 12 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.580	981	60.345	8.084
	MUCÍLAGO	1012.50		1000	1.013					
A LOS 16 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.520	981	67.308	7.240
	MUCÍLAGO	1014.00		1000	1.014					
A LOS 18 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.500	981	70.000	6.952
	MUCÍLAGO	1016.00		1000	1.016					
A LOS 21 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.450	981	77.778	6.287
	MUCÍLAGO	1009.00		1000	1.009					
A LOS 24 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.410	981	85.366	5.740
	MUCÍLAGO	1006.00		1000	1.006					
A LOS 27 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.400	981	87.500	5.604
	MUCÍLAGO	1005.00		1000	1.005					
A LOS 30 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.320	981	109.375	4.402
	MUCÍLAGO	1031.00		1000	1.031					



TM EUROPA E.I.R.L.
 Suelos, Concreto y Pavimentos
WILMER TRUJILLO MENDOZA
 Especialista en Geotecnia
 Ingeniero Civil - C I PW* 117709



TM EUROPA E.I.R.L.
Helten Stephani Horna Reyes
 GERENTE GENERAL

Tesista: Gonzales Avila, Geraldinn Patricia
Proyecto: ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024
Localización : Barranca-Barranca-Lima
Muestra N°: M-1
Fecha: Del 01/09/2024 al 30/09/2024

VISCOSIDAD DE MUCÍLAGO DE NOPAL MUESTRA N°02

Días	Descripción	Masa (g)	Radio de canica (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Distancia (cm)	Tiempo (seg)	Gravedad (cm/seg ²)	Velocidad (cm/seg)	Viscosidad (Poise)
A LOS 3 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.26	981	134.615	3.649
	MUCÍLAGO	1002.50		1000	1.003					
A LOS 6 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.4	981	87.500	5.612
	MUCÍLAGO	1003.00		1000	1.003					
A LOS 9 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.48	981	72.917	6.732
	MUCÍLAGO	1003.50		1000	1.004					
A LOS 12 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.62	981	56.452	8.653
	MUCÍLAGO	1010.50		1000	1.011					
A LOS 15 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.58	981	60.345	8.078
	MUCÍLAGO	1013.50		1000	1.014					
A LOS 18 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.5	981	70.000	6.961
	MUCÍLAGO	1014.00		1000	1.014					
A LOS 21 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.42	981	83.333	5.874
	MUCÍLAGO	1007.50		1000	1.008					
A LOS 24 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.39	981	89.744	5.458
	MUCÍLAGO	1006.50		1000	1.007					
A LOS 27 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.36	981	97.222	5.047
	MUCÍLAGO	1004.00		1000	1.004					
A LOS 30 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.27	981	129.630	3.788
	MUCÍLAGO	1003.00		1000	1.003					

TM EUROPA E.I.R.L.
Suelos, Concreto y Pavimentos

WILMER TRUJILLO MENDOZA
Especialista en Geotecnia
Ingeniero Civil - C.I.P.M.º 117709

TM EUROPA E.I.R.L.
Hellen Stephanie Horna Reyes
GERENTE GENERAL

Tesista: Gonzales Avila, Geraldinn Patricia
Proyecto: ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024
Localización : Barranca-Barranca-Lima
Muestra N°: M-1
Fecha: Del 01/09/2024 al 30/09/2024

VISCOSIDAD DE MUCÍLAGO DE NOPAL MUESTRA N°03										
Días	Descripción	Masa (g)	Radio de canica (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Distancia (cm)	Tiempo (seg)	Gravedad (cm/seg ²)	Velocidad (cm/seg)	Viscosidad (Poise)
A LOS 3 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.3	981	116.667	4.210
	MUCÍLAGO	1002.50		1000	1.003					
A LOS 6 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.43	981	81.395	6.029
	MUCÍLAGO	1004.00		1000	1.004					
A LOS 9 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.5	981	70.000	7.013
	MUCÍLAGO	1003.50		1000	1.004					
A LOS 12 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.6	981	58.333	8.357
	MUCÍLAGO	1013.50		1000	1.014					
A LOS 15 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.53	981	66.038	7.428
	MUCÍLAGO	1004.50		1000	1.005					
A LOS 18 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.45	981	77.778	6.252
	MUCÍLAGO	1017.00		1000	1.017					
A LOS 21 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.42	981	83.333	5.866
	MUCÍLAGO	1009.50		1000	1.010					
A LOS 24 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.39	981	89.744	5.462
	MUCÍLAGO	1005.50		1000	1.006					
A LOS 27 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.36	981	97.222	5.047
	MUCÍLAGO	1004.00		1000	1.004					
A LOS 30 DIAS	CANICA	20.00	1.25	8.181	2.445	35	0.31	981	112.903	4.352
	MUCÍLAGO	1002.00		1000	1.002					

TM EUROPA E.I.R.L.
Suelos, Concreto y Pavimentos

WILMER TRUJILLO MENDOZA
Especialista en Geotécnia
Ingeniero Civil - C.I.P.N° 117709

TM EUROPA E.I.R.L.

Heleen Stephan Horna Reyes
GERENTA GENERAL


03.02. Variación Dimensional

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA Laboratorio de Mecánica de Suelos	
ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL		

Tesista: Gonzales Avila, Geraldinn Patricia
Proyecto: ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024
Norma: NTP 399.613
Clase de ladrillo: Ladrillo tipo I Artesanal
Fecha: 14/01/2025

LADRILLO ARTESANAL CON 0% DE MUCÍLAGO DE NOPAL															
Especimen	LARGO					ANCHO					ALTO				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
M-01	204	203	203	203	203.25	105	103	104	107	104.75	92	91	93	94	92.50
M-02	201	200	199	203	200.75	103	100	101	103	101.75	87	87	87	89	87.50
M-03	199	200	199	201	199.75	104	100	107	107	104.50	89	86	86	87	87.00
M-04	201	203	205	199	202.00	104	100	101	107	103.00	87	87	88	87	87.25
M-05	203	206	205	204	204.50	102	102	104	108	104.00	85	83	87	86	85.25
M-06	199	200	204	204	201.75	103	100	103	105	102.75	89	89	86	85	87.25
M-07	205	207	200	206	204.50	102	100	102	110	103.50	87	86	89	87	87.25
M-08	203	200	205	205	203.25	100	104	105	105	103.50	90	91	90	94	91.25
M-09	203	203	200	205	202.75	102	100	102	105	102.25	89	84	86	88	86.75
M-10	205	204	200	197	206.00	97	100	110	105	103.00	87	88	86	86	86.75

Dimensión Promedio (mm)	Dp= 202.85	Dp= 103.30	Dp= 87.88
Dimensión Especificada por el fabricante (mm)	De= 200.00	De= 105.00	De= 90.00
Variación Dimensional (%)	V%= -1.43%	V%= 1.62%	V%= 2.36%
Variación Dimensional máxima según norma E.70 (±4%	±8%	±8%
	ok	ok	ok


 Firma - V°B° del Responsable de Laboratorio y
 Talleres Académico - UNAB
Mg. Sc. Celia Cruz Silvera Pablo


 Firma - V°B° del Asesor de la Investigación
Ing. Leo Avelino La Borda Dueñas Tovar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA
Laboratorio de Mecánica de Suelos



ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

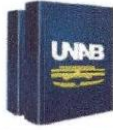
Tesista: Gonzales Avila, Geraldinn Patricia
Proyecto: ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024
Norma: NTP 399.613
Clase de ladrillo: Ladrillo tipo I Artesanal
Fecha: 14/01/2025

Especímen	LARGO					ANCHO					ALTO				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
M-01	203	205	205	204	204.25	106	107	111	111	108.75	87	89	89	89	88.50
M-02	206	203	205	206	205.00	106	110	109	105	107.50	91	90	90	90	90.25
M-03	205	203	205	204	204.25	110	105	105	109	107.25	88	89	89	88	88.50
M-04	203	201	205	204	203.25	105	105	110	113	108.25	90	87	87	88	88.00
M-05	203	202	203	202	202.50	107	106	108	106	106.75	87	89	89	90	88.75
M-06	201	204	203	203	202.75	105	106	105	107	105.75	88	91	90	90	89.75
M-07	205	204	203	203	203.75	107	107	106	107	106.75	90	89	89	88	89.00
M-08	204	204	203	204	203.75	110	111	108	107	109.00	91	88	89	89	89.25
M-09	205	206	204	203	204.50	109	108	107	107	107.75	90	87	88	91	89.00
M-10	201	203	204	203	202.75	104	105	103	105	104.25	91	90	90	89	90.00

Dimensión Promedio (mm)	Dp= 203.68	Dp= 107.20	Dp= 89.10
Dimensión Especificada por el fabricante (mm)	De= 200.00	De= 105.00	De= 90.00
Variación Dimensional (%)	V%= -1.84%	V%= -2.10%	V%= 1.00%
Variación Dimensional máxima según norma E.70 (±4%)	±4%	±8%	±8%
	ok	ok	ok

Firma - V°B° del Responsable de Laboratorio y Talleres Académico - UNAB
Mg. Sc. Celia Cruz Silveira Pablo

Firma - V°B° del Asesor de la Investigación
Ing. Leo Avelino La Borda Dueñas Tovar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA
Laboratorio de Mecánica de Suelos



ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

Tesista: Gonzales Avila, Geraldinn Patricia
Proyecto: ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024
Norma: NTP 399.613
Clase de ladrillo: Ladrillo tipo I Artesanal
Fecha: 14/01/2025

LADRILLO ARTESANAL CON 50% DE MUCÍLAGO DE NOPAL															
Espécimen	LARGO					ANCHO					ALTO				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
M-01	203	204	205	204	204.00	102	103	106	110	105.25	90	89	90	88	89.25
M-02	203	205	208	204	205.00	104	104	108	108	106.00	88	89	90	90	89.25
M-03	205	205	208	205	205.75	105	104	108	108	106.25	90	87	86	89	88.00
M-04	200	201	203	200	201.00	102	102	106	105	103.75	89	88	91	88	89.00
M-05	202	200	204	203	202.25	109	105	106	110	107.50	88	88	90	87	88.25
M-06	200	201	207	200	202.00	105	106	106	110	106.75	90	90	90	89	89.75
M-07	202	203	202	200	201.75	105	104	106	109	106.00	88	89	89	87	88.25
M-08	203	208	200	203	203.50	105	106	108	105	106.00	89	90	91	89	89.75
M-09	203	202	201	203	202.25	106	105	106	107	106.00	91	89	89	88	89.25
M-10	200	203	202	202	201.75	107	105	106	106	106.00	89	89	90	90	89.50

Dimensión Promedio (mm)	Dp= 202.93	Dp= 105.95	Dp= 89.03
Dimensión Especificada por el fabricante (mm)	De= 200.00	De= 105.00	De= 90.00
Variación Dimensional (%)	V%= -1.46%	V%= -0.90%	V%= 1.08%
Variación Dimensional máxima según norma E.70 (±4%)	ok	ok	ok

Firma - V°B° del Responsable de Laboratorio y
 Talleres Académico - UNAB
Mg. Sc. Celia Cruz Silvera Pablo

ING. LEO A. LA BORDA DUEÑAS TOVAR
 INGENIERO CIVIL
 N° 108616
 Firma - V°B° del Asesor de la Investigación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA
Laboratorio de Mecánica de Suelos




ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

Tesista: Gonzales Avila, Geraldinn Patricia
Proyecto: ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024
Norma: NTP 399.613
Clase de ladrillo: Ladrillo tipo I Artesanal
Fecha: 14/01/2025

LADRILLO ARTESANAL CON 75% DE MUCÍLAGO DE NOPAL															
Espécimen	LARGO					ANCHO					ALTO				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
M-01	201	203	204	201	202.25	105	105	105	107	105.50	91	89	90	90	90.00
M-02	199	203	204	204	202.50	109	105	105	110	107.25	88	87	89	89	88.25
M-03	205	205	205	205	205.00	108	105	107	108	107.00	87	90	90	89	89.00
M-04	202	203	204	203	203.00	106	105	108	109	107.00	89	88	88	90	88.75
M-05	202	203	204	204	203.25	106	106	106	110	107.00	90	90	89	89	89.50
M-06	198	200	201	199	199.50	105	104	105	106	105.00	90	90	89	91	90.00
M-07	200	201	201	200	200.50	104	104	106	105	104.75	91	90	89	89	89.75
M-08	204	204	203	205	204.00	106	107	105	105	105.75	91	90	88	89	89.50
M-09	205	204	206	203	204.50	107	107	105	106	106.25	88	89	88	90	88.75
M-10	200	201	201	199	200.25	107	108	108	105	107.00	90	89	89	91	89.75

Dimensión Promedio (mm)	Dp= 202.48	Dp= 106.25	Dp= 89.33
Dimensión Especificada por el fabricante (mm)	De= 200.00	De= 105.00	De= 90.00
Variación Dimensional (%)	V%= -1.24%	V%= -1.19%	V%= 0.75%
Variación Dimensional máxima según norma E.70 (±4%)	±4%	±8%	±8%
	ok	ok	ok


 Firma - V°B° del Responsable de Laboratorio y
 Talleres Académico - UNAB
Mg. Sc. Celia Cruz Silvera Pablo



ING. LEO A. LA BORDA DUEÑAS TOVAR
 INGENIERO CIVIL
 C.O.N° 105616
 Firma - V°B° del Asesor de la Investigación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA
Laboratorio de Mecánica de Suelos




ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

Tesista: Gonzales Avila, Geraldinn Patricia
Proyecto: ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024
Norma: NTP 399.613
Clase de ladrillo: Ladrillo tipo I Artesanal
Fecha: 14/01/2025


Especimen	LARGO					ANCHO					ALTO				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
M-01	204	203	205	204	204.00	108	106	114	111	109.75	88	90	90	90	89.50
M-02	204	204	203	203	203.50	107	102	105	108	105.50	89	90	87	88	88.50
M-03	202	205	205	203	203.75	106	105	106	113	107.50	92	90	88	88	89.50
M-04	202	205	206	203	204.00	107	105	108	112	108.00	90	88	90	91	89.75
M-05	202	200	205	201	202.00	107	108	105	110	107.50	91	91	88	89	89.75
M-06	202	201	205	203	202.75	104	105	105	104	104.50	88	89	90	91	89.50
M-07	203	205	200	203	202.75	105	106	105	104	105.00	91	89	88	89	89.25
M-08	205	205	204	203	204.25	107	106	107	105	106.25	88	91	89	89	89.25
M-09	205	204	204	202	203.75	107	106	105	105	105.75	89	89	86	89	88.25
M-10	205	205	206	204	205.00	108	110	107	106	107.75	90	89	88	91	89.50

Dimensión Promedio (mm)	Dp= 203.58	Dp= 106.75	Dp= 89.28
Dimensión Especificada por el fabricante (mm)	De= 200.00	De= 105.00	De= 90.00
Variación Dimensional (%)	V%= -1.79%	V%= -1.67%	V%= 0.81%
Variación Dimensional máxima según norma E.70 (±4%)	±4%	±8%	±8%
	ok	ok	ok


 Firma - V°B° del Responsable de Laboratorio y Talleres Académico - UNAB
Mg. Sc. Celia Cruz Silvera Pablo


 Firma - V°B° del Asesor de la Investigación
Ing. Leo Avelino La Borda Dueñas Tovar

03.03.Alabeo

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORIA E.I.R.L.
	ENSAYO DE SUCCIÓN DEL LADRILLO

Tesista:	Gonzales Avila, Geraldinn Patricia
Proyecto:	ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024
Localización :	Barranca-Barranca-Lima
Fecha:	14/01/2025

% MUCÍLAGO DE NOPAL	#	Cara Superior			Cara Inferior				Promedio Convexo (mm)	Promedio Concavo (mm)
		Convexidad		Concavidad	Convexidad			Concavidad		
		Lado Izq. (mm)	Lado Der. (mm)	Centro o punto máximo (mm)	Lado Izq. (mm)	Lado Der. (mm)	Máxima convexidad (mm)	Centro o punto máximo (mm)		
0%	1	-	-	-	2.50	2.00	2.50		3.17	3.00
	2				2.00	0.50	2.00			
	3				3.00	2.50	3.00			
	4							3.00		
	5				2.00	1.50	2.00			
	6				3.00	2.50	3.00			
	7				3.50	4.00	4.00			
	8				4.00	4.00	4.00			
	9				3.50	1.00	3.50			
	10				4.50	2.00	4.50			
25%	1							3.00	3.06	2.75
	2				3.50	2.50	3.50			
	3				2.00	2.00	2.00			
	4				3.50	0.50	3.50			
	5				4.50	3.00	4.50			
	6							2.50		
	7				1.50	0.50	1.50			
	8				2.00	2.00	2.00			
	9				3.50	3.00	3.50			
	10				4.00	2.50	4.00			
50%	1				4.00	2.00	4.00		2.88	2.50
	2				3.00	3.00	3.00			
	3				4.00	3.00	4.00			
	4				1.50	2.00	2.00			
	5				3.50	2.00	3.50			
	6				3.00	2.50	3.00			
	7							3.00		
	8							2.00		
	9				1.50	1.00	1.50			
	10				2.00	0.50	2.00			


TM EUROPA E.I.R.L.
 Suelos, Concreto y Pavimentos
WILMER TRUJILLO MENDOZA
 Especialista en Geotecnia
 Ingeniero Civil - C.I.P.M.º 117709


TM EUROPA E.I.R.L.
Helen Stephani Horna Reyes
 GERENTA GENERAL

Tesista: Gonzales Avila, Geraldinn Patricia
Proyecto: ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024
Localización : Barranca-Barranca-Lima
Fecha: 14/01/2025

% MUCÍLAGO DE NOPAL	#	Cara Superior			Cara Inferior				Promedio Cóncavo	Promedio Convexo
		Convexidad		Concavidad	Convexidad			Concavidad		
		Lado Izq. (mm)	Lado Der. (mm)	Centro o punto máximo (mm)	Lado Izq. (mm)	Lado Der. (mm)	Máxima convexidad (mm)	Centro o punto máximo (mm)		
75%	1	-	-	-	3.50	4.00	4.00		3.00	2.25
	2				3.00	0.50	3.00			
	3				3.50	2.50	3.50			
	4				0.50	2.00	2.00			
	5				1.00	1.50	1.50			
	6							2.50		
	7				3.00	1.50	3.00			
	8				2.00	2.00	2.00			
	9				1.50	5.00	5.00			
	10							2.00		
100%	1							1.00	2.36	1.00
	2				2.00	2.50	2.50			
	3				3.50	2.00	3.50			
	4				2.00	2.50	2.50			
	5				2.00	1.50	2.00			
	6				2.00	1.00	2.00			
	7							0.50		
	8				1.50	2.00	2.00			
	9				2.00	2.00	2.00			
	10							1.50		

TM EUROPA E.I.R.L.
Suelos, Concreto y Pavimentos

WILMER TRUJILLO MENDOZA
Especialista en Geotecnia
Ingeniero Civil - CIPN° 117709


TM EUROPA E.I.R.L.

Helen Stephanie Horna Reyes
GERENTA GENERAL

03.04.Succión

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA Laboratorio de Mecánica de Suelos	
	ENSAYO DE SUCCIÓN DEL LADRILLO	
Tesista:	Gonzales Avila, Geraldinn Patricia	
Proyecto:	ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024	
Norma:	NTP 399.613	
Clase de ladrillo:	Ladrillo tipo I Artesanal	
Fecha:	15/01/2025	

% MUCÍLAGO DE NOPAL	#	Dimensiones		Área Superficie (cm ²)	Peso Seco (gr)	Peso mojado (gr)	Succión (gr/min/200cm ²)	Succión promedio (gr/min/200cm ²)
		Largo (cm)	Ancho (cm)					
0%	1	20.73	11.33	234.87	3378.00	3481.50	88.13	66.96
	2	20.30	10.93	221.88	3386.50	3436.50	45.07	
	3	20.73	11.34	235.08	3401.00	3439.50	32.76	
	4	20.58	11.41	234.82	3382.00	3464.50	70.27	
	5	20.75	11.39	236.34	3415.00	3531.50	98.59	
25%	1	20.73	11.20	232.18	3334.50	3405.50	61.16	63.08
	2	20.74	11.44	237.27	3391.50	3492.50	85.14	
	3	20.74	11.35	235.40	3450.50	3517.00	56.50	
	4	20.74	11.50	238.51	3362.50	3430.00	56.60	
	5	20.74	11.28	233.95	3406.00	3471.50	56.00	
50%	1	20.74	11.54	239.34	3311.50	3382.50	59.33	53.84
	2	20.53	10.84	222.55	3379.00	3412.50	30.11	
	3	20.66	11.33	234.08	3318.00	3363.00	38.45	
	4	20.54	11.06	227.17	3367.50	3430.50	55.46	
	5	20.74	11.29	234.15	3350.00	3450.50	85.84	
75%	1	20.74	11.28	233.95	3378.50	3438.00	50.87	68.30
	2	20.74	11.14	231.04	3379.00	3437.50	50.64	
	3	20.80	11.14	231.71	3399.00	3489.50	78.11	
	4	20.74	11.49	238.30	3423.00	3523.50	84.35	
	5	20.73	10.95	226.99	3385.00	3473.00	77.54	
100%	1	20.54	10.76	221.01	3312.00	3394.50	74.66	78.97
	2	19.94	10.43	207.97	3121.00	3212.00	87.51	
	3	20.23	10.87	219.90	3085.00	3173.00	80.04	
	4	20.29	11.03	223.80	3104.50	3186.50	73.28	
	5	20.56	10.85	223.08	3315.00	3403.50	79.35	


 Firma - V°B° del Responsable de Laboratorio y Talleres Académico - UNAB
Mg. Sc. Celia Cruz Silvera Pablo




 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 ING. LEO A. LA BORDA DUEÑAS TOVAR
 INGENIERO CIVIL
 N.º 108616

Firma- V°B° del Asesor de la Investigación
Ing. Leo Avelino La Borda Dueñas Tovar

03.05.Absorción

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA Laboratorio de Mecánica de Suelos	
	ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL LADRILLO	
Tesista:	Gonzales Avila, Geraldinn Patricia	
Proyecto:	ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA, BARRANCA, 2024	
Norma:	NTP 399.613	
Clase de ladrillo:	Ladrillo tipo I Artesanal	
Fecha:	16/01/2025	

% MUCÍLAGO DE NOPAL	#	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción (%)	Promedio (%)
0%	1	3312.00	3770.00	13.83	12.73
	2	3121.00	3511.50	12.51	
	3	3450.50	3880.00	12.45	
	4	3362.50	3785.00	12.57	
	5	3406.00	3825.00	12.30	
25%	1	3311.50	3750.00	13.24	11.80
	2	3379.00	3795.00	12.31	
	3	3318.00	3660.00	10.31	
	4	3367.50	3750.00	11.36	
	5	3350.00	3745.00	11.79	
50%	1	3378.00	3818.50	13.04	11.37
	2	3386.50	3646.50	7.68	
	3	3401.00	3853.00	13.29	
	4	3382.00	3749.50	10.87	
	5	3415.00	3824.50	11.99	
75%	1	3378.50	3808.50	12.73	13.07
	2	3379.00	3813.50	12.86	
	3	3399.00	3855.00	13.42	
	4	3423.00	3874.00	13.18	
	5	3385.00	3830.50	13.16	
100%	1	3104.50	3596.00	15.83	14.01
	2	3315.00	3781.00	14.06	
	3	3085.00	3548.00	15.01	
	4	3362.50	3785.00	12.57	
	5	3406.00	3835.00	12.60	


 Firma - V°B° del Responsable de Laboratorio y
 Talleres Académico - UNAB
Mg. Sc. Celia Cruz Silvera Pablo


 Firma - V°B° del Asesor de la Investigación
Ing. Leo Avelino La Borda Dueñas Tovar

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ($f'b$)

NTP 339.604 / NTP 339.613

CÓDIGO:	1
VERSIÓN:	1/1
FECHA:	Enero 25
PAGINA: 1 DE: 1	

SOLICITANTE:	GERALDINN PATRICIA GONZALES AVILA	INFORME :	031-2025/TM EUROPA
TESIS:	"ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA , BARRANCA - 2024.	F. DE ENSAYO:	11 de Enero de 2025
LADRILLERA:	FABRICADO POR EL SOLICITANTE	F. DE EMISIÓN:	12 de Enero de 2025
DESCRIPCIÓN:	LADRILLO TIPO: ARTESANAL TIPO I	MUESTRA:	Ladrillo tipo I

Donde:

- f_b : Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm)
- P_{max} : Carga máxima de rotura (kg)
- A_b : Area bruta de la unidad de albañilería (cm²)
- f'_b : Resistencia característica de las unidades de albañilería (kg/cm)
- σ : Desviación estándar

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

$$f'_b = \text{Promedio}(f_b) - \sigma$$

ESPECIMEN N°	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	CARGA MÁXIMA		AREA BRUTA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
			(KN)	(kg)		
M1 / 25 % Mucilago de Nopal	20.30	10.70	105.25	10728.85	217.21	49.39
M2 / 25 % Mucilago de Nopal	20.30	10.60	96.93	9680.73	215.18	45.92
M3 / 25 % Mucilago de Nopal	20.40	10.70	114.05	11625.89	218.28	53.26
M4 / 25 % Mucilago de Nopal	20.40	10.90	116.58	11883.79	222.36	53.44
M5 / 25 % Mucilago de Nopal	20.50	10.80	103.94	10595.31	221.40	47.86

Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm ²)	$f_b =$	49.97
Desviación estándar	$\sigma =$	3.32
Coefficiente de variación	$C_v =$	0.07
Resistencia característica de las unidades de albañilería (kg/cm ²)	$f'_b =$	46.65
Resistencia característica de las unidades de albañilería según Norma 0.70(kg/cm ²)	$f'_b =$	50.00

OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA FUERON REFRENTADOS CON YESO - CEMENTO 2:1, Y LOS LADRILLOS TIENEN EL 25 % DE MUCILAGO DE NOPAL.

LABORATORIO

TM EUROPA E.I.R.L.
 Suelos, Concreto y Pavimentos

WILMER TRUJILLO MENDOZA
 Especialista en Geotécnica
 Ingeniero Civil - C I P N° 117709

TM EUROPA E.I.R.L.

Helen Stephani Horna Reyes
 GERENTE GENERAL

REALIZÓ

APROBÓ

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA (f' b)

NTP 339.604 / NTP 339.613

CÓDIGO:	1
VERSIÓN:	1/1
FECHA:	Enero.25
PAGINA: 1 DE: 1	

SOLICITANTE:	GERALDINN PATRICIA GONZALES AVILA	INFORME :	032-2025/TM EUROPA
TESIS:	"ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA , BARRANCA - 2024.	F. DE ENSAYO:	11 de Enero de 2025
LADRILLERA:	FABRICADO POR EL SOLICITANTE	F. DE EMISIÓN:	12 de Enero de 2025
DESCRIPCIÓN:	LADRILLO TIPO: ARTESANAL TIPO I	MUESTRA:	Ladrillo tipo I

Donde:

- fb: Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm)
- Pmax: Carga máxima de rotura (kg)
- Ab: Area bruta de la unidad de albañilería (cm2)
- f' b: Resistencia característica de las unidades de albañilería (kg/cm)
- σ= Desviación estándar

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

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

ESPECIMEN N°	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	CARGA MÁXIMA		AREA BRUTA (cm2)	RESISTENCIA (kg/cm2)
			(KN)	(kg)		
M1 / 50 % Mucilago de Nopal	20.20	10.60	150.19	15309.89	214.12	71.50
M2 / 50 % Mucilago de Nopal	20.20	10.60	113.17	11536.19	214.12	53.88
M3 / 50 % Mucilago de Nopal	20.30	10.80	137.47	14013.25	219.24	63.92
M4 / 50 % Mucilago de Nopal	20.50	11.20	135.55	13817.53	229.60	60.18
M5 / 50 % Mucilago de Nopal	20.40	10.80	122.78	12515.80	220.32	56.81

Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm2)	fb=	61.26
Desviación estándar	σ=	6.85
Coficiente de variación	Cv	0.11
Resistencia característica de las unidades de albañilería (kg/cm2)	f' b=	54.41
Resistencia característica de las unidades de albañilería según Norma 0.70(kg/cm2)	f' b=	50.00

OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA FUERON REFRENTADOS CON YESO - CEMENTO 2:1, Y LOS LADRILLOS TIENEN EL 50 % DE MUCILAGO DE NOPAL.




LABORATORIO

TM EUROPA E.I.R.L.
Suelos, Concreto y Pavimentos
[Firma]
WILMER TRUJILLO MENDOZA
Especialista en Geotécnia
Ingeniero Civil - C I P N° 117709

REALIZÓ

TM EUROPA E.I.R.L.
[Firma]
Hellen Stephan Horna Reyes
GERENTE GENERAL

APROBÓ

 <small>GEOTECNIA Y CONSULTORIA E.I.R.L.</small>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA (f'b)	CÓDIGO:	1																																												
			VERSIÓN:	1/1																																											
			FECHA:	Enero.25																																											
			PAGINA:	1 DE: 1																																											
NTP 339.604 / NTP 339.613																																															
SOLICITANTE: GERALDINN PATRICIA GONZALES AVILA		INFORME:	033-2025/TM EUROPA																																												
TESIS:	"ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA , BARRANCA - 2024.	F. DE ENSAYO:	11 de Enero de 2025																																												
		F. DE EMISIÓN:	12 de Enero de 2025																																												
LADRILLERA:	FABRICADO POR EL SOLICITANTE	MUESTRA:	Ladrillo tipo I																																												
DESCRIPCIÓN:	LADRILLO TIPO: ARTESANAL TIPO I																																														
Donde:	<p>fb: Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm)</p> <p>Pmax: Carga máxima de rotura (kg)</p> <p>Ab: Area bruta de la unidad de albañilería (cm2)</p> <p>f'b: Resistencia característica de las unidades de albañilería (kg/cm)</p> <p>σ= Desviación estándar</p>																																														
	$fb = \frac{P_{max}}{A_b}$	$f'b = \text{Promedio}(fb) - \sigma$																																													
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ESPECIMEN N°</th> <th rowspan="2">LARGO (cm)</th> <th rowspan="2">ANCHO (cm)</th> <th colspan="2">CARGA MÁXIMA</th> <th rowspan="2">AREA BRUTA (cm2)</th> <th rowspan="2">RESISTENCIA (kg/cm2)</th> </tr> <tr> <th>(KN)</th> <th>(kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M1 / 75 % Mucilago de Nopal</td> <td>20.50</td> <td>10.60</td> <td>94.61</td> <td>9644.24</td> <td>217.30</td> <td>44.38</td> </tr> <tr> <td>M1 / 75 % Mucilago de Nopal</td> <td>20.00</td> <td>10.50</td> <td>96.74</td> <td>9861.37</td> <td>210.00</td> <td>46.96</td> </tr> <tr> <td>M1 / 75 % Mucilago de Nopal</td> <td>20.50</td> <td>10.70</td> <td>96.27</td> <td>9813.46</td> <td>219.35</td> <td>44.74</td> </tr> <tr> <td>M1 / 75 % Mucilago de Nopal</td> <td>20.10</td> <td>10.70</td> <td>99.53</td> <td>10145.77</td> <td>215.07</td> <td>47.17</td> </tr> <tr> <td>M1 / 75 % Mucilago de Nopal</td> <td>20.40</td> <td>10.60</td> <td>87.53</td> <td>8922.53</td> <td>216.24</td> <td>41.26</td> </tr> </tbody> </table>			ESPECIMEN N°	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	CARGA MÁXIMA		AREA BRUTA (cm2)	RESISTENCIA (kg/cm2)	(KN)	(kg)	M1 / 75 % Mucilago de Nopal	20.50	10.60	94.61	9644.24	217.30	44.38	M1 / 75 % Mucilago de Nopal	20.00	10.50	96.74	9861.37	210.00	46.96	M1 / 75 % Mucilago de Nopal	20.50	10.70	96.27	9813.46	219.35	44.74	M1 / 75 % Mucilago de Nopal	20.10	10.70	99.53	10145.77	215.07	47.17	M1 / 75 % Mucilago de Nopal	20.40	10.60	87.53	8922.53	216.24	41.26
ESPECIMEN N°	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	CARGA MÁXIMA				AREA BRUTA (cm2)	RESISTENCIA (kg/cm2)																																							
			(KN)	(kg)																																											
M1 / 75 % Mucilago de Nopal	20.50	10.60	94.61	9644.24	217.30	44.38																																									
M1 / 75 % Mucilago de Nopal	20.00	10.50	96.74	9861.37	210.00	46.96																																									
M1 / 75 % Mucilago de Nopal	20.50	10.70	96.27	9813.46	219.35	44.74																																									
M1 / 75 % Mucilago de Nopal	20.10	10.70	99.53	10145.77	215.07	47.17																																									
M1 / 75 % Mucilago de Nopal	20.40	10.60	87.53	8922.53	216.24	41.26																																									
	Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm2)		fb=	44.90																																											
	Desviación estándar		σ=	2.39																																											
	Coefficiente de variación		Cv	0.05																																											
	Resistencia característica de las unidades de albañilería (kg/cm2)		f'b=	42.51																																											
	Resistencia característica de las unidades de albañilería según Norma 0.70(kg/cm2)		f'b=	50.00																																											
OBSERVACIONES:	LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA FUERON REFRENTADOS CON YESO - CEMENTO 2:1, Y LOS LADRILLOS TIENEN EL 75 % DE MUCILAGO DE NOPAL.																																														
LABORATORIO																																															
 TM EUROPA E.I.R.L. <small>Suelos, Concreto y Pavimentos</small> WILMER TRUJILLO MENDOZA <small>Especialista en Geotecnia</small> <small>Ingeniero Civil - C.I.P.M.º 117709</small>		 TM EUROPA E.I.R.L. Hellen Steffan Horna Reyes <small>GERENTE GENERAL</small>																																													
REALIZÓ		APROBÓ																																													

SOLICITANTE:	GERALDINN PATRICIA GONZALES AVILA	INFORME :	034-2025/TM EUROPA
TESIS:	"ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA , BARRANCA - 2024.	F. DE ENSAYO:	11 de Enero de 2025
LADRILLERA:	FABRICADO POR EL SOLICITANTE	F. DE EMISIÓN:	12 de Enero de 2025
DESCRIPCIÓN:	LADRILLO TIPO: ARTESANAL TIPO I	MUESTRA:	Ladrillo tipo I

Donde:

- fb:** Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm)
- Pmax:** Carga máxima de rotura (kg)
- Ab:** Area bruta de la unidad de albañilería (cm2)
- f'b:** Resistencia característica de las unidades de albañilería (kg/cm)
- σ=** Desviación estándar

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

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

ESPECIMEN N°	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	CARGA MÁXIMA		AREA BRUTA (cm2)	RESISTENCIA (kg/cm2)
			(KN)	(kg)		
M1 / 100 % Mucilago de Nopal	20.40	10.70	62.99	6421.00	218.28	29.42
M2 / 100 % Mucilago de Nopal	20.30	10.50	60.54	6171.25	213.15	28.95
M3 / 100 % Mucilago de Nopal	20.40	10.90	69.37	7071.36	222.36	31.80
M4 / 100 % Mucilago de Nopal	20.40	10.80	63.71	6494.39	220.32	29.48
M5 / 100 % Mucilago de Nopal	20.30	10.50	59.96	6112.13	213.15	28.68

Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm2)	fb=	29.66
Desviación estándar	σ=	1.24
Coefficiente de variación	Cv	0.04
Resistencia característica de las unidades de albañilería (kg/cm2)	f'b=	28.42
Resistencia característica de las unidades de albañilería según Norma 0.70(kg/cm2)	f'b=	50.00

OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA FUERON REFRENTADOS CON YESO - CEMENTO 2:1, Y LOS LADRILLOS TIENEN EL 100 % DE MUCILAGO DE NOPAL.

LABORATORIO



TM EUROPA E.I.R.L.
Suelos, Concrete y Pavimentos
[Signature]
WILMER TRUJILLO MENDOZA
Especialista en Geotécnia
Ingeniero Civil - C I P N° 117709

REALIZÓ

[Signature]
TM EUROPA E.I.R.L.
[Signature]
Hellen Stephanie Horna Reyes
GERENTA GENERAL

APROBÓ

03.07.Resistencia a la compresión axial

	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILA DE LA ALBAÑILERIA (fm)							CÓDIGO:	1		
								VERSIÓN:	1/1		
								FECHA:	Enero 25		
	NTP 339.605							PAGINA: 1 DE: 1			
SOLICITANTE: GERALDINN PATRICIA GONZALES AVILA											
							INFORME:	036-2025/TM EUROPA			
TESIS: "ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA , BARRANCA - 2024".											
							F. DE EMISIÓN:	19 de Enero de 2025			
							F. DE ENSAYO:	20 de Enero de 2025			
LADRILLERA: FABRICADO POR EL SOLICITANTE							MUESTRA: Ladrillo tipo I				
DESCRIPCIÓN: LADRILLO TIPO: ARTESANAL TIPO I											
Donde: fm: Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm) Pmax: Carga máxima de rotura (kg) A: Área de la sección de la pila de albañilería (cm ²) f'm: Resistencia característica de la albañilería (kg/cm) σ= Desviación estándar											
				$f_m = \frac{P_{máx}}{A}$		$f'm = Promedio (f_m) - \sigma$		$Esbeltez = \frac{h}{b} \rightarrow 2 < Esbeltez < 5 \text{ (ok)}$			
PILA N°	ALTO PILA "h" (cm)	ANCHO PILA (cm)	ESPESOR PILA "b" (cm)	ESBELTEZ (cm)	CARGA MÁXIMA		ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA fm (kg/cm ²)	Factor de Corrección de f'm por ESBELTEZ	Incremento de f'm por EDAD (14 Días)	RESISTENCIA f'm (kg/cm ²)
					(KN)	(kg)					
PILA1 / 0 % Mucilago de Nopal	30.50	20.40	10.60	2.88	64.55	6580.02	218.24	30.43	0.8836	1.10	29.58
PILA2 / 0 % Mucilago de Nopal	30.20	20.10	10.50	2.88	68.02	6933.74	211.05	32.85	0.8836	1.10	31.93
PILA3 / 0 % Mucilago de Nopal	31.90	19.90	10.60	3.01	77.76	7926.61	210.94	37.58	0.9104	1.10	37.63
PILA4 / 0 % Mucilago de Nopal	33.00	20.20	10.80	3.06	74.07	7550.46	218.16	34.61	0.9124	1.10	34.74
PILA5 / 0 % Mucilago de Nopal	31.00	20.50	10.40	2.98	81.45	8302.75	213.20	38.94	0.9056	1.10	38.79
Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm ²)										fm=	34.53
Desviación estándar										σ=	3.84
Resistencia característica de la albañilería (kg/cm ²)										f'm=	30.69
Resistencia característica de las Pilas de albañilería según Norma (kg/cm ²)										f'm=	35.00
OBSERVACIONES: LAS PILAS DE ALBAÑILERIA FUERON REFRENTADOS CON YESO - CEMENTO 2:1, Y LOS LADRILLOS TIENEN EL 0 % DE MUCILAGO DE NOPAL, Y FUERON ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD.											
LABORATORIO											
 WILMER TRUJILLO MENDOZA Especialista en Geotecnia Ingeniero Civil - C P.M. 117709						 Hellen Stephani Horna Reyes GERENTE GENERAL					
REALIZÓ						APROBÓ					

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILA DE LA ALBAÑILERÍA (fm)

NTP 339.605

CÓDIGO:	1
VERSIÓN:	1/1
FECHA:	Enero.25
PAGINA: 1 DE: 1	

SOLICITANTE:	GERALDINN PATRICIA GONZALES AVILA	INFORME:	036-2025/TM EUROPA
TESIS:	"ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA , BARRANCA - 2024".	F. DE EMISIÓN:	19 de Enero de 2025
LADRILLERA:	FABRICADO POR EL SOLICITANTE	F. DE ENSAYO:	20 de Enero de 2025
DESCRIPCIÓN:	LADRILLO TIPO: ARTESANAL TIPO I	MUESTRA:	Ladrillo tipo I

Donde:

fm: Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm)
Pmax: Carga máxima de rotura (kg)
A: Área de la sección de la pila de albañilería (cm2)
fm: Resistencia característica de la albañilería (kg/cm)
σ= Desviación estándar

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



$$f^*m = \text{Promedio } (f_m) - \sigma$$

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

PILA N°	ALTO PILA "h" (cm)	ANCHO PILA (cm)	ESPESOR PILA "b" (cm)	ESBELTEZ (cm)	CARGA MÁXIMA		ÁREA (cm2)	RESISTENCIA fm (kg/cm2)	Factor de Corrección de fm por ESBELTEZ	Incremento de fm por EDAD (14 Días)	RESISTENCIA f^*m (kg/cm2)
					(KN)	(kg)					
PILA1 / 25 % Mucilago de Nopal	31.50	22.00	10.90	2.89	73.33	7475.03	239.80	31.17	0.8858	1.10	30.37
PILA2 / 25 % Mucilago de Nopal	30.80	20.50	11.30	2.73	81.89	8347.60	231.65	36.04	0.8506	1.10	33.72
PILA3 / 25 % Mucilago de Nopal	30.70	20.20	10.90	2.82	89.74	9147.81	220.18	41.55	0.8704	1.10	39.78
PILA4 / 25 % Mucilago de Nopal	31.50	20.70	11.00	2.86	88.61	9032.62	227.70	39.67	0.8792	1.10	38.36
PILA5 / 25 % Mucilago de Nopal	32.00	20.80	10.70	2.99	85.47	8712.54	222.56	39.15	0.9078	1.10	39.09

Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm2)	fm=	36.26
Desviación estándar	σ=	4.06
Resistencia característica de la albañilería (kg/cm2)	f^*m=	32.20
Resistencia característica de las Pilas de albañilería según Norma (kg/cm2)	f^*m=	35.00

OBSERVACIONES: LAS PILAS DE ALBAÑILERÍA FUERON REFRENTADOS CON YESO - CEMENTO 2:1, Y LOS LADRILLOS TIENEN EL 25 % DE MUCÍLAGO DE NOPAL, Y FUERON ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD.

LABORATORIO	
 TM EUROPA E.I.R.L. Suelos, Concreto y Pavimentos WILMER TRUJILLO MENDOZA Especialista en Geotecnia Ingeniero Civil - C.I.P.N° 117709 REALIZÓ	 TM EUROPA E.I.R.L. Hellen Stephani Horna Reyes GERENTA GENERAL APROBÓ

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILA DE LA ALBAÑILERÍA (fm)

NTP 339.605

CÓDIGO:	1
VERSIÓN:	1/1
FECHA:	Enero.25
PAGINA: 1 DE: 1	

SOLICITANTE: **GERALDINN PATRICIA GONZALES AVILA** INFORME: **037-2025/TM EUROPA**

TESIS: **"ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA , BARRANCA - 2024".** F. DE EMISIÓN: **19 de Enero de 2025**

LADRILLERA: **FABRICADO POR EL SOLICITANTE** F. DE ENSAYO: **20 de Enero de 2025**

DESCRIPCIÓN: **LADRILLO TIPO: ARTESANAL TIPO I** MUESTRA: **Ladrillo tipo I**

Donde:

fm: Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm)
Pmax: Carga máxima de rotura (kg)
A: Area de la sección de la pila de albañilería (cm2)
f'm: Resistencia característica de la albañilería (kg/cm)
σ= Desviación estándar

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



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

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

PILA N°	ALTO PILA "h" (cm)	ANCHO PILA (cm)	ESPESOR PILA "b" (cm)	ESBELTEZ (cm)	CARGA MÁXIMA		AREA (cm2)	RESISTENCIA fm (kg/cm2)	Factor de Corrección de f'm por ESBELTEZ	Incremento de f'm por EDAD (14 Dias)	RESISTENCIA f'm (kg/cm2)
					(KN)	(kg)					
PILA1 / 50 % Mucilago de Nopal	30.90	20.60	10.90	2.83	101.02	10297.66	224.54	45.66	0.8726	1.10	44.02
PILA2 / 50 % Mucilago de Nopal	30.90	20.30	10.90	2.83	96.46	9832.62	221.27	44.44	0.8726	1.10	42.65
PILA3 / 50 % Mucilago de Nopal	31.00	20.50	10.90	2.84	90.87	9283.00	223.45	41.45	0.8748	1.10	39.89
PILA4 / 50 % Mucilago de Nopal	30.90	20.50	10.80	2.86	110.12	11225.28	221.40	50.70	0.8792	1.10	49.03
PILA5 / 50 % Mucilago de Nopal	31.20	20.40	10.70	2.92	99.14	10106.01	218.28	46.30	0.8924	1.10	45.45

Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm2)	fm=	44.21
Desviación estándar	σ=	3.39
Resistencia característica de la albañilería (kg/cm2)	f'm=	40.82
Resistencia característica de las Pilas de albañilería según Norma (kg/cm2)	f'm=	35.00

OBSERVACIONES: LAS PILAS DE ALBAÑILERÍA FUERON REFRENTADOS CON YESO - CEMENTO 2:1, Y LOS LADRILLOS TIENEN EL 50 % DE MUCILAGO DE NOPAL, Y FUERON ENSAYADAS A LOS 14 DIAS DE EDAD.

LABORATORIO	
 WILMER TRUJILLO MENDOZA Especialista en Geotécnia Ingeniero Civil - C I P M° 117709	 Helten Stephani Horna Reyes GERENTA GENERAL
REALIZÓ	APROBÓ

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILA DE LA ALBAÑILERIA (fm)

NTP 339.605

CÓDIGO:	1
VERSIÓN:	1/1
FECHA:	Enero.25
PAGINA: 1 DE: 1	

SOLICITANTE: GERALDINN PATRICIA GONZALES AVILA INFORME: 038-2025/TM EUROPA

TESIS: "ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA , BARRANCA - 2024". F. DE EMISIÓN: 19 de Enero de 2025

LADRILLERA: FABRICADO POR EL SOLICITANTE F. DE ENSAYO: 20 de Enero de 2025

DESCRIPCIÓN: LADRILLO TIPO. ARTESANAL TIPO I MUESTRA: Ladrillo tipo I

Donde:

- fm: Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm)
- Pmax: Carga máxima de rotura (kg)
- A: Área de la sección de la pila de albañilería (cm²)
- f'm: Resistencia característica de la albañilería (kg/cm)
- σ: Desviación estándar

$$fm = \frac{P_{max}}{A}$$


$$f'm = Promedio (fm) - \sigma$$

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

PILA N°	ALTO PILA "h" (cm)	ANCHO PILA (cm)	ESPESOR PILA "b" (cm)	ESBELTEZ (cm)	CARGA MÁXIMA		ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA fm (kg/cm ²)	Factor de Corrección de f'm por ESBELTEZ	Incremento de f'm por EDAD (14 Días)	RESISTENCIA f'm (kg/cm ²)
					(KN)	(kg)					
PILA1 / 75 % Mucilago de Nopal	30.40	20.60	10.90	2.79	91.24	9300.71	224.54	41.42	0.8638	1.10	39.36
PILA2 / 75 % Mucilago de Nopal	30.50	20.70	11.50	2.65	88.48	9019.37	238.05	37.89	0.8330	1.10	34.72
PILA3 / 75 % Mucilago de Nopal	30.10	20.40	10.60	2.84	69.08	7041.79	216.24	32.56	0.8748	1.10	31.34
PILA4 / 75 % Mucilago de Nopal	30.30	21.00	11.00	2.75	78.36	7967.77	231.00	34.58	0.8550	1.10	32.52
PILA5 / 75 % Mucilago de Nopal	31.30	20.10	10.80	2.90	51.89	5289.50	217.08	24.37	0.8880	1.10	23.80

Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm ²)	fm=	32.35
Desviación estándar	σ=	5.68
Resistencia característica de la albañilería (kg/cm ²)	f'm=	26.67
Resistencia característica de las Pilas de albañilería según Norma (kg/cm ²)	f'm=	35.00

OBSERVACIONES: LAS PILAS DE ALBAÑILERIA FUERON REFRENTADOS CON YESO - CEMENTO 2:1, Y LOS LADRILLOS TIENEN EL 75 % DE MUCILAGO DE NOPAL, Y FUERON ENSAYADAS A LOS 14 DIAS DE EDAD.

LABORATORIO	
<p>TM EUROPA E.I.R.L. Suelos, Concreto y Pavimentos</p>  <p>WILMER TRUJILLO MENDOZA Especialista en Geotecnia Ingeniero Civil - C.I.P.N° 117709</p> <p>REALIZÓ</p>	<p>TM EUROPA E.I.R.L.</p>  <p>Hellen Stephani Horna Reyes GERENTA GENERAL</p> <p>APROBÓ</p>

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILA DE LA ALBAÑILERÍA (fm)

NTP 339.605

CÓDIGO:	1
VERSIÓN:	1/1
FECHA:	Enero 25
PAGINA: 1 DE 1	

SOLICITANTE: **GERALDINN PATRICIA GONZALES AVILA** INFORME: **039-2025/TM EUROPA**

TESIS: **"ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA , BARRANCA - 2024".** F. DE EMISIÓN: **19 de Enero de 2025**

LADRILLERA: **FABRICADO POR EL SOLICITANTE** F. DE ENSAYO: **20 de Enero de 2025**

DESCRIPCIÓN: **LADRILLO TIPO: ARTESANAL TIPO I** MUESTRA: **Ladrillo tipo I**

Donde:

- fm: Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm²)
- Pmax: Carga máxima de rotura (kg)
- A: Área de la sección de la pila de albañilería (cm²)
- f'm: Resistencia característica de la albañilería (kg/cm²)
- σ: Desviación estándar

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



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

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

PILA N°	ALTO PILA "h" (cm)	ANCHO PILA (cm)	ESPESOR PILA "b" (cm)	ESBELTEZ (cm)	CARGA MÁXIMA		AREA (cm ²)	RESISTENCIA fm (kg/cm ²)	Factor de Corrección de f'm por ESBELTEZ	Incremento de f'm por EDAD (14 Días)	RESISTENCIA f'm (kg/cm ²)
					(KN)	(kg)					
PILA1 / 100% Mucilago de Nopal	31.80	20.80	10.70	2.97	48.55	4949.03	220.42	22.45	0.9034	1.10	22.31
PILA2 / 100% Mucilago de Nopal	32.40	20.50	11.00	2.95	67.80	6911.31	225.50	30.65	0.8990	1.10	30.31
PILA3 / 100% Mucilago de Nopal	30.50	20.50	10.90	2.80	96.00	9785.93	223.45	43.79	0.8660	1.10	41.72
PILA4 / 100% Mucilago de Nopal	31.10	20.30	10.80	2.88	54.35	5540.27	219.24	25.27	0.8836	1.10	24.56
PILA5 / 100% Mucilago de Nopal	30.80	20.50	10.80	2.91	64.80	6605.50	217.30	30.40	0.8902	1.10	29.77

Resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm ²)	f'm =	29.73
Desviación estándar	σ =	7.51
Resistencia característica de la albañilería (kg/cm ²)	f'm =	22.22
Resistencia característica de las Pilas de albañilería según Norma (kg/cm ²)	f'm =	35.00

OBSERVACIONES: LAS PILAS DE ALBAÑILERÍA FUERON REPRESENTADAS CON YESO - CEMENTO 2:1, Y LOS LADRILLOS TIENEN EL 100 % DE MUCÍLAGO DE NOPAL, Y FUERON ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS DE EDAD.

LABORATORIO	
<p>TM EUROPA E.I.R.L. Suelos, Concreto y Pavimentos</p>  <p>WILMER TRUJILLO MENDOZA Especialista en Geotecnia Ingeniero Civil - C P.N° 117709</p> <p>REALIZÓ</p>	<p>TM EUROPA E.I.R.L.</p>  <p>Hellen Stephani Horna Reyes GERENTA GENERAL</p> <p>APROBÓ</p>

Anexo 4. Certificados de calibración de equipos de laboratorio



CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0171-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0723		
2. Solicitante	TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORÍA E.I.R.L.		
3. Dirección	JR. ZAVALA NRO. 321 INT. 4 OTR. URBANA (A UNA CUADRA DE LA MUNICIPALIDAD) LIMA - BARRANCA - BARRANCA		
4. Instrumento calibrado	MAQUINA DE ENSAYO UNIAxIAL (PRENSA DE CONCRETO)		
Marca	PERUTEST		
Modelo	STYE-2000		
N° de serie	210539		
Identificación	NO INDICA		
Procedencia	CHINA		
Intervalo de indicación	0 kN a 2000 kN		
Resolución	0,01 kN		
Clase de exactitud	NO INDICA		
Modo de fuerza	Compresión		
Indicador Digital			
Marca	NO INDICA	Serie	NO INDICA
Modelo	RFP-03	Resolución	0,01 kN
Transductor de Presión			
Marca	NO INDICA	Serie	6429
Modelo	ZY-2C		
5. Fecha de calibración	2024-09-17		

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2024-09-20



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 20/09/2024 12:01:45-0500



Jefe de Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0171-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Instalaciones de TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORÍA E.I.R.L. ubicado en Jr. Zavala Nro. 335 Psj. Belen - Barranca

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	18,9 °C
Humedad relativa	73 %	73 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 272 kg	INF-LE N° 070-24 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-0171-2024

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón						Error de medición kN
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios	Promedio kN	
		Ascenso kN	Ascenso kN	Ascenso kN	Descenso kN	Ascenso kN		
%	kN							
10	100,00	100,82	100,92	100,72	—	—	100,82	-0,82
20	200,00	201,07	201,36	201,02	—	—	201,15	-1,15
30	300,00	300,49	302,45	301,86	—	—	301,60	-1,60
40	400,00	400,69	402,25	402,20	—	—	401,72	-1,72
50	500,00	500,44	502,25	501,72	—	—	501,47	-1,47
60	600,00	600,34	602,25	601,57	—	—	601,39	-1,39
70	700,00	700,33	702,44	701,36	—	—	701,38	-1,38
80	800,00	800,32	802,53	801,26	—	—	801,37	-1,37
90	900,00	900,46	902,91	902,22	—	—	901,86	-1,86
100	1000,00	1000,44	1003,44	1000,63	—	—	1001,50	-1,50

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa %
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
%	kN						
10	100	-0,81	0,19	—	0,01	—	0,94
20	200	-0,57	0,17	—	0,01	—	0,54
30	300	-0,53	0,65	—	0,00	—	0,56
40	400	-0,43	0,39	—	0,00	—	0,44
50	500	-0,29	0,36	—	0,00	—	0,40
60	600	-0,23	0,32	—	0,00	—	0,37
70	700	-0,20	0,30	—	0,00	—	0,36
80	800	-0,17	0,28	—	0,00	—	0,34
90	900	-0,21	0,27	—	0,00	—	0,34
100	1000	-0,15	0,30	—	0,00	—	0,35

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero f0
	q %	b %	v %	a %	%
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f₀) 0,00 %

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0171-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0362-2024

*Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	0723
2. Solicitante	TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORÍA EIRL
3. Dirección	JR. ZAVALA NRO. 321 INT. 4 OTR. URBANA (A UNA CUADRA DE LA MUNICIPALIDAD) LIMA - BARRANCA - BARRANCA
4. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA
Marca	A&A INSTRUMENTS
Modelo	WT600010FE
N° de serie	111202203
Identificación	NO INDICA
Procedencia	NO INDICA
Capacidad máxima:	6000 g
División de escala (d)	0,1 g
Div. de verificación (e)	0,1 g
Capacidad mínima	2 g
Clase de exactitud	II
5. Fecha de calibración	2024-09-17

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2024-09-20



Escanee el QR para ver el certificado de calibración



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 20/09/2024 18:57:45-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
📱 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0362-2024

*Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI

7. Lugar de calibración

Instalaciones de TM EUROPA GEOTECNIA Y CONSULTORÍA E.I.R.L. ubicado en Jr. Zavala Nro. 335 Psj. Belen - Barranca

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	19,5 °C
Humedad relativa	78 %	79 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1	1114-MPES-C-2024
PESATEC	Juego de pesas de 1 kg a 5 kg de clase F1	1113-MPES-C-2024

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 5000 g la balanza indicaba 5000,8 g)
- La división de verificación "e", la capacidad mínima y la clase de exactitud ha sido determinado según la NMP-003 "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático"
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 12 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento de calibración
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.
- El laboratorio de CALIBRATEC S.A.C. no se hace responsable de los datos suministrados por el cliente.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0362-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	19,0 °C	Humedad	78,0 %	78,0 %
Carga L1	3 000,00 g		Carga L2	6 000,01 g	
I	ΔL	E	I	ΔL	E
g	g	g	g	g	g
3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	-0,01
3 000,1	0,07	0,08	6 000,0	0,07	-0,03
3 000,0	0,07	-0,02	6 000,0	0,07	-0,03
3 000,0	0,07	-0,02	6 000,1	0,07	0,07
3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	-0,01
3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	-0,01
3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	-0,01
3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	-0,01
3 000,1	0,06	0,09	6 000,0	0,05	-0,01
3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	-0,01
3 000,1	0,06	0,09	6 000,0	0,06	-0,02
Dif Máx. Encontrada	0,11		Dif Máx. Encontrada	0,10	
EMP	0,3		EMP	0,3	

ENSAYO DE EXCENRICIDAD



	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	19,4 °C	Humedad	78,0 %	78,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E_0				Determinación del Error Corregido E_c				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E_0 g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	E_c g
1	1,00	0,9	0,05	-0,10	1 800,00	1 800,0	0,07	-0,02	0,08
2		1,0	0,06	-0,01		1 800,0	0,07	-0,02	-0,01
3		1,0	0,06	-0,01		1 800,0	0,05	0,00	0,01
4		1,0	0,05	0,00		1 800,0	0,07	-0,02	-0,02
5		0,9	0,06	-0,11		1 799,9	0,05	-0,10	0,01
Error máximo permitido (\pm)									0,2

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0362-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	19,4 °C	19,5 °C	Humedad	78,0 %	79,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀ 1,00	1,0	0,05	0,00						
2,00	2,0	0,05	0,00	0,00	1,9	0,08	-0,13	-0,13	0,1
200,00	200,0	0,05	0,00	0,00	200,0	0,07	-0,02	-0,02	0,1
500,00	500,0	0,05	0,00	0,00	499,9	0,07	-0,12	-0,12	0,1
1 200,00	1 200,0	0,06	-0,01	-0,01	1 199,9	0,07	-0,12	-0,12	0,2
2 000,00	2 000,0	0,06	-0,01	-0,01	1 999,9	0,07	-0,12	-0,12	0,2
3 000,00	3 000,0	0,07	-0,02	-0,02	2 999,8	0,09	-0,24	-0,24	0,3
4 000,00	3 999,9	0,08	-0,13	-0,13	3 999,9	0,07	-0,12	-0,12	0,3
4 800,01	4 800,0	0,05	-0,01	-0,01	4 799,9	0,05	-0,11	-0,11	0,3
5 400,01	5 400,0	0,06	-0,02	-0,02	5 399,9	0,07	-0,13	-0,13	0,3
6 000,01	5 999,9	0,06	-0,12	-0,12	5 999,9	0,06	-0,12	-0,12	0,3

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza
I: Lectura de indicación de la balanza
E: Error encontrado
EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero
Ec: Error corregido
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,0078 \text{ g}^2 + 0,0000000016 \text{ g}^2 \times R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000013 \text{ g} \times R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC