

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Resistencia a la compresión del ladrillo hecho con papel  
reciclado y adhesivo sintético, Huánuco - 2024”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Marcos Silva, Elvis Afnet

ASESORA: Cecilio Reyes, Fatima Rosaria

HUÁNUCO - PERÚ

2025

# U

## TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Estructuras  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

## CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

## DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

# D

## DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 74428720

## DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47064856

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental.

Código ORCID: 0009-0001-5016-5538

## DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Narro Jara, Luis Fernando	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	18206328	0000-0003-4008-7633
2	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0475-5433
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

# H



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:30 horas del día viernes 14 de marzo de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

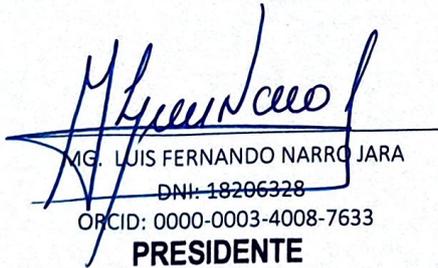
- |  |            |
|--|------------|
| ❖ MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA               | PRESIDENTE |
| ❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA | SECRETARIA |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO           | VOCAL      |

Nombrados mediante RESOLUCIÓN No 0451-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO HECHO CON PAPEL RECICLADO Y ADHESIVO SINTÉTICO, HUÁNUCO - 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Elvis Afnet MARCOS SILVA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO..... por UNANIMIDAD..... con el calificativo cuantitativo de 11..... y cualitativo de SUFICIENTE..... (Art. 47).

Siendo las 09:15pm..... horas del día 14 del mes de marzo del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA  
DNI: 18206328  
ORCID: 0000-0003-4008-7633  
**PRESIDENTE**

  
MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA  
DNI: 73645168  
ORCID: 0009-0001-0745-5433  
**SECRETARIO (A)**

  
MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO  
DNI: 41891649  
ORCID: 0000-0001-8392-1769  
**VOCAL**



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ELVIS AFNET MARCOS SILVA, de la investigación titulada "Resistencia a la compresión del ladrillo hecho con papel reciclado y adhesivo sintético, Huánuco - 2024", con asesor(a) FATIMA ROSARIA CECILIO REYES, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1263-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 16 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 14 de febrero de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

# 76. Marcos Silva, Elvis Afnet.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

5%

2

[repositorio.udh.edu.pe](http://repositorio.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

4%

3

[distancia.udh.edu.pe](http://distancia.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

4

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

5

[repositorio.ucsm.edu.pe](http://repositorio.ucsm.edu.pe)

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO

D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## DEDICATORIA

A mi mamá y papá, pilares de mi vida, quienes con amor y sacrificio sembraron en mí la semilla de la perseverancia y el esfuerzo. Ustedes me enseñaron a soñar y a trabajar incansablemente para hacer esos sueños realidad. Sus enseñanzas, ejemplo y apoyo incondicional fueron mi fuerza en cada paso de este camino.

A mis abuelos, sabios guardianes de mis raíces, que con sus historias, consejos y bendiciones iluminaron mi camino. Cada palabra suya me dio la serenidad y la confianza necesarias para continuar, y con cada logro los llevo en el corazón, honrando sus valores y su legado.

A mis hermanos, compañeros de vida y de aventura, quienes con su cariño, apoyo y risas me recordaron siempre la importancia de la unión familiar. Gracias por estar a mi lado en cada desafío y compartir conmigo esta alegría.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesora, cuya guía y dedicación fueron fundamentales para alcanzar esta meta. Gracias por su paciencia, conocimiento, por el apoyo en cada etapa de este proyecto. Su orientación y compromiso me impulsaron a dar lo mejor de mí y a enfrentar cada reto con confianza y determinación.

A los profesores de la carrera de Ingeniería Civil, quienes, con su entrega y vocación, me brindaron las herramientas y conocimientos necesarios para convertirme en un profesional. Cada clase y cada lección fueron un paso más en mi formación, y les agradezco profundamente por compartir su sabiduría y experiencia.

A la Universidad de Huánuco, institución que me acogió y me permitió crecer tanto personal como académicamente. Gracias por ser el espacio en el que pude soñar en grande y trabajar por mis metas, rodeado de un entorno de aprendizaje y apoyo.

A mis colegas y amigos de aula, compañeros de tantas horas de estudio, esfuerzo y también de risas. Gracias por cada momento compartido, por el compañerismo y la amistad. Su apoyo y motivación fueron esenciales en este camino, y me siento afortunado de haber compartido esta etapa con ustedes.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
INDICE DE TABLAS .....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	16
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO .....	16
1.3 OBJETIVO.....	17
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	17
1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO .....	20
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	20
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	21

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES .....	23
2.2 BASES TEÓRICAS .....	23
2.2.1 LADRILLO DE TIERRA COMPACTADA .....	23
2.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	25
2.2.3 RESISTENCIA BAJO CARGA AXIAL EN EL LADRILLO .....	26
2.2.4 PAPEL RECICLADO .....	27
2.2.5 ADHESIVO SINTÉTICOS.....	28
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	29
2.4 HIPÓTESIS .....	31
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	31
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA .....	31
2.5 VARIABLES .....	32
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE.....	32
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	32
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	33
CAPÍTULO III.....	34
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.1.1 ENFOQUE .....	34
3.1.2 ALCANCE O NIVEL.....	35
3.1.3 DISEÑO .....	35
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
3.2.1 POBLACIÓN.....	36
3.2.2 MUESTRA .....	36
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37
3.4 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37

3.5 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	50
3.6 ASPECTOS ÉTICOS.....	50
CAPÍTULO V.....	51
RESULTADOS.....	51
4.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS .....	51
4.2 RESULTADOS INFERENCIALES.....	62
CAPÍTULO V.....	70
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	70
CONCLUSIONES .....	72
RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	81

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de las propiedades mecánicas del BTC.....	25
Tabla 2 Resistencia bajo carga axial .....	27
Tabla 3 Descripción de las muestras .....	37
Tabla 4 Resistencia bajo carga axial Ladrillos de Papel Reciclado y Ladrillos Patrón .....	51
Tabla 5 Medias resistencia bajo carga axial: Bloques de Tierra Comprimida Patrón vs. Diseño.....	52
Tabla 6 Resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 200 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	53
Tabla 7 Medias resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 200 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	54
Tabla 8 Resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 250 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	55
Tabla 9 Medias resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 250 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	56
Tabla 10 Resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	57
Tabla 11 Medias resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm <sup>2</sup> ). .....	58
Tabla 12 Resistencia bajo carga axial promedio: Ladrillos de papel reciclado con 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	59
Tabla 13 Medias Resistencia bajo carga axial: Promedio de ladrillos de papel reciclado con 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	61
Tabla 14 Prueba de normalidad: Resistencia bajo carga axial promedio de ladrillos de papel reciclado con 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de tierra comprimida.....	62
Tabla 15 Prueba de Normalidad: Resistencia a compresión de Ladrillos de Papel Reciclado con 200 ml de Adhesivo Sintético vs. Bloques de tierra comprimida .....	64

Tabla 16 Prueba de t de Student: Resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel reciclado con 200 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de Tierra Comprimida.....	65
Tabla 17 Prueba de Normalidad: Resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel reciclado con 250 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de tierra comprimida .....	66
Tabla 18 Prueba de Normalidad: Resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel reciclado con 300 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de tierra comprimida .....	68
Tabla 19 Prueba de t de Student: Resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel reciclado con 300 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de tierra comprimida .....	68

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ladrillo de tierra compactada.....	24
Figura 2 Humedecimiento del papel .....	38
Figura 3 Desmenuzado del papel .....	39
Figura 4 Escurrimiento del agua .....	39
Figura 5 Recolección del papel triturado.....	40
Figura 6 Recubrimiento de desmoldante .....	40
Figura 7 Proceso de llenado de papel triturado en la carretilla .....	41
Figura 8 Adición del adhesivo sintético.....	41
Figura 9 Llenado de papel en los moldes .....	42
Figura 10 Elaboración de los ladrillos de papel.....	42
Figura 11 Proceso de tamizado de tierra .....	43
Figura 12 Mezclado de tierra tamizada con cemento en seco .....	43
Figura 13 Adición del agua .....	44
Figura 14 Llenado de tierra a la tolva de la máquina de compresión.....	44
Figura 15 Proceso de elaboración de los ladrillos comprimidos de tierra .....	45
Figura 16 Muestra poblacional.....	45
Figura 17 Ensayo de resistencia bajo carga axial de las muestras patrón ...	46
Figura 18 Rotura de los ladrillos de tierra comprimida .....	46
Figura 19 Ensayo de resistencia bajo carga axial de los ladrillos de papel con adición de 200 ml de adhesivo sintético .....	47
Figura 20 Rotura de los ladrillos de papel comprimido con adición de 200 ml de adhesivo sintético .....	47
Figura 21 Ensayo de resistencia bajo carga axial de los ladrillos de papel con adición de 250 ml de adhesivo sintético .....	48
Figura 22 Rotura de los ladrillos de papel comprimida con adición de 250 ml de adhesivo sintético .....	48
Figura 23 Ensayo de resistencia bajo carga axial de los ladrillos de papel con adición de 300 ml de adhesivo sintético .....	49
Figura 24 Rotura de los ladrillos de papel comprimido con adición de 300 ml de adhesivo sintético .....	49
Figura 25 Comparación resistencia bajo carga axial bloques de tierra comprimida: Patrón vs. Diseño (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	52

Figura 26 Comparación resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 200 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	54
Figura 27 Comparación resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 250 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	56
Figura 28 Comparación resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm <sup>2</sup> ) (Kg/cm <sup>2</sup> ). .....	58
Figura 29 Comparación resistencia bajo carga axial promedio: Ladrillos de papel reciclado con 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> ) .....	60
Figura 30 Variación resistencia bajo carga axial según las unidades de albañilería .....	61
Figura 31 Prueba de Wilcoxon: Resistencia bajo carga axial promedio de ladrillos de papel reciclado con 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de tierra comprimida.....	63
Figura 32 Prueba de Wilcoxon: Resistencia bajo carga axial Promedio de Ladrillos de Papel Reciclado con 250 ml de Adhesivo Sintético vs. Bloques de Tierra Comprimida. ....	67

## RESUMEN

La investigación ha tenido como objetivo evaluar los efectos de la incorporación de adhesivo sintético en la compresión de ladrillos comprimidos hechos con papel reciclado. A través de un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental, se seleccionaron muestras mediante un muestreo no probabilístico para llevar a cabo el análisis.

Los resultados mostraron un incremento significativo de forma progresiva en la compresión de ladrillos comprimidos hechos de papel reciclado cuando se les fue añadiendo adhesivos sintéticos, en cantidades de 200 ml, 250 ml y 300 ml. La resistencia promedio alcanzó los 12,63 kg/cm<sup>2</sup>, pero aún por debajo de la resistencia de bloques de tierra comprimida, que registraron 100,78 kg/cm<sup>2</sup>. Este aumento fue corroborado mediante un análisis estadístico riguroso ( $W=0,001 < 0,05$ ), confirmando que la incorporación de este material de forma progresiva, tiene un impacto positivo en la mejora de la resistencia de los ladrillos hechos de papel reciclado.

En conclusión, la adición de adhesivo sintético contribuye positivamente al refuerzo de la resistencia a la compresión de ladrillos hechos con papel reciclado si bien es cierto no supera al bloque de tierra comprimida si supera al adobe tradicional que según la norma E.080 la resistencia bajo carga axial debe ser superior a 10,20 kg/cm<sup>2</sup>, ofreciendo así una alternativa viable y sostenible para la construcción tradicional. Estos hallazgos proporcionan una valiosa aportación para la industria de la construcción, incentivando el uso de materiales reciclados y brindando una perspectiva innovadora en la construcción, contribuyendo al desarrollo de prácticas más sostenibles y al avance del conocimiento en este campo.

**Palabras clave:** Resistencia a la compresión, ladrillos, papel reciclado, bloques de tierra comprimida, adhesivo sintético.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effects of incorporating synthetic adhesive on the compression strength of compressed bricks made from recycled paper. Using a quantitative approach and a quasi-experimental design, samples were selected through non-probabilistic sampling to conduct the analysis.

The results showed a significant and progressive increase in the compression strength of compressed bricks made from recycled paper as synthetic adhesives were added in quantities of 200 ml, 250 ml, and 300 ml. The average strength reached 12.63 kg/cm<sup>2</sup>, though still below the strength of compressed earth blocks, which recorded 100.78 kg/cm<sup>2</sup>. This increase was corroborated through rigorous statistical analysis ( $W=0.001 < 0.05$ ), confirming that the progressive incorporation of this material positively impacts the improvement of the strength of bricks made from recycled paper.

In conclusion, the addition of synthetic adhesive positively contributes to enhancing the compression strength of bricks made from recycled paper. While it does not surpass the strength of compressed earth blocks, it exceeds that of traditional adobe, which according to standard E.080 must have a compressive strength greater than 10.20 kg/cm<sup>2</sup>. This makes it a viable and sustainable alternative for traditional construction. These findings provide valuable insights for the construction industry, encouraging the use of recycled materials and offering an innovative perspective in construction, thereby contributing to more sustainable practices and advancing knowledge in this field.

**Keywords:** Compression strength, bricks, recycled paper, compressed earth blocks, synthetic adhesive.

## INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es uno de los sectores de mayor impacto ambiental a nivel global. Se estima que contribuye con aproximadamente el 38% de las emisiones de dióxido de carbono, según datos del Global Status Report 2022 de la ONU para Edificios y Construcción. La búsqueda de alternativas sostenibles y materiales ecológicos se ha vuelto crucial para reducir este impacto y promover la economía circular. En este contexto, la reutilización de materiales reciclados, como el papel, se perfila como una solución prometedora para mitigar el daño ambiental y promover prácticas de construcción más sostenibles.

En el Perú, los residuos sólidos urbanos han alcanzado niveles alarmantes, con una generación anual de más de 23,000 toneladas diarias, de las cuales una fracción significativa corresponde al papel. La inadecuada gestión de estos residuos no solo afecta el entorno urbano, sino también el medio ambiente en general, intensificando la urgencia de soluciones innovadoras para su aprovechamiento. En la región de Huánuco, el desafío es aún más crítico debido a la limitada infraestructura para la gestión de residuos y la alta dependencia de materiales de construcción convencionales.

Sin embargo, el uso de materiales alternativos, como ladrillos comprimidos hechos con papel reciclado y reforzados con adhesivos sintéticos, ha despertado el interés en la comunidad científica y en la industria. La posibilidad de producir ladrillos con un material comúnmente desechado podría ofrecer ventajas significativas, como la reducción de residuos y una menor huella de carbono, beneficiando tanto al medio ambiente como a la economía local.

El presente estudio aborda un problema específico: la limitada resistencia bajo carga axial de ladrillos fabricados con papel reciclado. El objetivo de este estudio es evaluar los efectos de la incorporación de adhesivo sintético en la resistencia bajo carga axial de ladrillos comprimidos hechos con papel reciclado. En definitiva, este trabajo no solo aporta al desarrollo de nuevas técnicas constructivas con materiales reciclados, sino que también

contribuye al avance del conocimiento en la construcción sostenible, abriendo nuevas perspectivas para una industria más consciente y respetuosa con el medio ambiente.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el contexto internacional, el creciente interés por la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente ha impulsado la búsqueda de alternativas eco amigables en la industria de la construcción. La escasez de recursos naturales y el impacto ambiental asociado a la producción de materiales tradicionales, como los ladrillos de arcilla cocida, han motivado la exploración de nuevas soluciones más respetuosas con el planeta. En este sentido, el aprovechamiento de residuos, como el papel reciclado, ha cobrado relevancia como materia prima para la fabricación de productos innovadores (Campoverde, 2018).

A nivel nacional, Perú, al igual que muchos otros países, enfrenta desafíos relacionados con la gestión adecuada de residuos sólidos y la contaminación ambiental. La incorporación de materiales reciclados en la construcción podría contribuir significativamente a mitigar estos problemas, al tiempo que promueve la economía circular y la reducción de la huella de carbono en el sector de la construcción (Medina, 2019).

En el ámbito regional, específicamente en Huánuco, la disponibilidad de materiales de construcción tradicionales puede ser limitada o costosa debido a factores geográficos y de accesibilidad. Esta situación resalta la importancia de explorar alternativas locales y sostenibles que puedan satisfacer la demanda de materiales de construcción de manera más accesible y amigable con el entorno.

En la localidad de la ciudad de Huánuco, la falta de uso generalizado de bloques de suelo cemento sugiere la necesidad de introducir nuevas opciones de materiales de construcción. El desarrollo de ladrillos fabricados a partir de papel reciclado y adhesivo sintético podría representar una solución innovadora y ecológica para la construcción de muros en la región.

En este sentido, la presente investigación busca evaluar la resistencia bajo carga axial de ladrillos compactados hechos con papel reciclado y diferentes proporciones de adhesivo sintético. El objetivo principal es determinar la viabilidad y las propiedades mecánicas de este nuevo material, con el fin de brindar una alternativa sostenible y accesible para la construcción en la ciudad de Huánuco.

Mediante un diseño cuasi experimental y un enfoque cuantitativo de nivel explicativo, se analizarán cuatro grupos de muestras con diferentes proporciones de adhesivo sintético, en comparación con bloques de suelo cemento elaborados según la norma francesa AFNOR XP P 13-901. Esta investigación aplicada tiene el potencial de contribuir al desarrollo de soluciones innovadoras en el sector de la construcción, al tiempo que promueve la reutilización de residuos y la reducción del impacto ambiental.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

PG1: ¿Cuál es la resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado y adhesivo sintético, Huánuco - 2024?

### **1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO**

PE1: ¿Cuál es el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 200 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición?

PE2: ¿Cuál es el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 250 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición?

PE3: ¿Cuál es el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 300 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición?

## **1.3 OBJETIVO**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

OG1: Determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado y adhesivo sintético, Huánuco - 2024.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

OE1: Determinar el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 200 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición.

OE2: Determinar el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 250 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición.

OE3: Determinar el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 300 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La resistencia bajo carga axial del ladrillo elaborado con papel reciclado y adhesivo sintético se presenta como una contribución fundamental. Este estudio se justifica por su potencial para ofrecer alternativas eco amigables, promoviendo la reutilización de materiales y reduciendo la huella ambiental asociada a la construcción. Además, el estudio sobre la resistencia bajo carga axial no solo aborda inquietudes teóricas sobre su viabilidad estructural, también en aspectos relevantes, proporcionando una base para el desarrollo de normativas locales y mejorar las prácticas constructivas.

### **1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Desde una perspectiva teórica, la investigación se inscribe en el estudio de la mejora de las propiedades estructurales y mecánicas de los materiales de construcción alternativos. Analizar la resistencia bajo

carga axial del ladrillo fabricado con papel reciclado y adhesivo sintético implica contribuir al entendimiento de su viabilidad como componente estructural, así como identificar posibles limitaciones y áreas de mejora. Esta información teórica es esencial para desarrollar normativas y estándares que guíen la incorporación de estos materiales en el ámbito de la construcción.

#### **1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Desde un enfoque práctico, la investigación sobre la resistencia bajo carga axial del ladrillo fabricado con papel reciclado y adhesivo sintético tiene relevancia en la construcción. En la actualidad, la búsqueda de alternativas eco amigables en la construcción es crucial para reducir la huella ambiental y gestionar los recursos de manera más eficiente. La posible utilización de ladrillos elaborados con materiales reciclados podría representar una opción práctica y sostenible para la construcción en la región.

#### **1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

En el aspecto metodológico, la investigación se basa en plantear un protocolo de evaluación consistente y confiable para medir la resistencia bajo carga axial de ladrillos en cuestión. La metodología propuesta debería incluir pruebas de laboratorio que cumplan con estándares reconocidos, garantizando la reproducibilidad de los resultados. Esta rigurosidad metodológica es esencial para validar científicamente la resistencia de los ladrillos y proporcionar datos confiables que respalden las conclusiones de la investigación.

#### **1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Las limitaciones potenciales de la investigación sobre la resistencia bajo carga axial del ladrillo hecho con papel reciclado y adhesivo sintético puede ser la variabilidad en las condiciones climáticas de Huánuco podría influir en los resultados, ya que factores como la humedad y la temperatura pueden generar cambios en las propiedades mecánicas. Además, la disponibilidad y

consistencia de los insumos, como el papel reciclado y el adhesivo sintético, podrían variar, introduciendo posibles fluctuaciones en la calidad de los ladrillos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

**Cabrera (2020).** El objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades mecánicas y ambientales de los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) estabilizados con cal aérea hidratada y compararlos con los estabilizados con cemento Portland. Los resultados mostraron que la resistencia bajo carga axial de los BTC estabilizados con cal no fue significativamente diferente de los bloques no estabilizados, independientemente del porcentaje de cal utilizado. En contraste, la resistencia bajo carga axial de los BTC estabilizados con cemento Portland aumentó significativamente con el porcentaje de cemento, especialmente por encima del 5%. En cuanto al impacto ambiental, el estudio reveló que la estabilización de los BTC, ya sea con cal o cemento, es el principal factor que contribuye a su impacto ambiental negativo. El reemplazo de cal por cemento no redujo significativamente este impacto. Se concluyó que, utilizando suelos y arena locales, estabilizados con 5-10% de cemento Portland, se pueden producir BTC con suficiente resistencia bajo carga axial para uso estructural, minimizando el impacto ambiental. Además, se encontró que la estabilización con cal no mejora la resistencia bajo carga axial y aumenta significativamente el impacto ambiental negativo de los BTC.

**Hidalgo (2022).** El objetivo de la investigación fue evaluar la resistencia bajo carga axial y flexión de ladrillos de arcilla artesanales de Chambo con adición de polvo de vidrio reciclado. En el análisis, se caracterizaron los componentes principales de los ladrillos, como el suelo y la ceniza, y se procedió a fabricar unidades utilizando un método artesanal. La única modificación fue la inclusión de polvo de vidrio en la mezcla. Los resultados evidenciaron que los ladrillos con polvo de vidrio, en proporciones entre el 8% y el 16%, lograron incrementos de hasta un

240% en resistencia bajo carga axial y un 220% en resistencia a flexión, en comparación con los ladrillos convencionales. Por otro lado, el porcentaje de absorción se mantuvo similar para ambos tipos de ladrillos, fluctuando entre el 25% y el 26%.

**Rebello (2023).** Este estudio tuvo como objetivo evaluar la viabilidad de producir Ladrillos de Tierra Comprimida (BCE) usando una mezcla de tierra, cemento y cenizas volantes como alternativa a los ladrillos tradicionales. Utilizando suelo rojo de Mangaluru, se estabilizó con un 8% de cemento OPC, mezclado con 20-60% de cenizas volantes. Las pruebas mostraron que una sustitución del 50% del cemento con cenizas volantes alcanzó la máxima resistencia bajo carga axial y una absorción de agua del 15%. Se concluyó que esta sustitución es efectiva para reducir el uso de OPC y disminuir la huella de carbono, aprovechando los residuos de las plantas de energía.

### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

**Ruiz y Tassara (2023).** El objetivo principal de la investigación fue desarrollar un ladrillo ecológico que sea 100% reciclable y que pueda ser utilizado en la construcción de muros en viviendas de la ciudad de Arequipa. Se diseñó una mezcla con una resistencia de 175 kg/cm<sup>2</sup>, incorporando porcentajes de pasta de papel y cartón reciclado en proporciones del 10%, 15%, 20% y 25%. Los ensayos de laboratorio se realizaron siguiendo las especificaciones establecidas, destacando el ensayo de resistencia bajo carga axial para los porcentajes de 0%, 10%, 15%, 20% y 25%. Los valores obtenidos fueron 230.54 kg/cm<sup>2</sup>, 180.6 kg/cm<sup>2</sup>, 144.1 kg/cm<sup>2</sup>, 133.82 kg/cm<sup>2</sup> y 123.20 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Debido a que el porcentaje de 25% mostró una resistencia por debajo del rango mínimo de 130 kg/cm<sup>2</sup> establecido por las NTP, fue descartado. En los ensayos posteriores de compresión axial realizados en pilas, los resultados para los porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20% fueron 188.71 kg/cm<sup>2</sup>, 158.60 kg/cm<sup>2</sup>, 153.14 kg/cm<sup>2</sup> y 138.80 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Asimismo, los ensayos de resistencia al corte diagonal en muretes (V'm) dieron valores de 20.82 kg/cm<sup>2</sup>, 18.56 kg/cm<sup>2</sup>, 17.28

kg/cm<sup>2</sup> y 14.17 kg/cm<sup>2</sup> para los mismos porcentajes. En conclusión, se desarrolló un ladrillo ecológico 100% reciclable, apto para la construcción de muros en viviendas de la ciudad de Arequipa. Los ensayos de laboratorio confirman que este ladrillo ecológico cumple con los estándares de resistencia bajo carga axial necesarios para su aplicación en la construcción.

**Acuña (2022).** La presente tesis tuvo como objetivo evaluar la resistencia bajo carga axial y flexión de ladrillos suelo-cemento con un 10% de cemento, fabricados con dos tipos de suelos diferentes, S1 y S2. Se evaluaron las propiedades granulométricas, el contenido de humedad óptimo y las resistencias de ambos suelos. El suelo extraído de la cantera fue clasificado como CL, mientras que el suelo proveniente de "Shaullo Chico – Baños del Inca" correspondió a la categoría SC-SM. Los ladrillos de suelo-cemento elaborados con suelo CL alcanzaron una resistencia promedio a la compresión de 25.16 kg/cm<sup>2</sup> y a la flexión de 38.75 kg/cm<sup>2</sup>. En contraste, los ladrillos hechos con suelo SC-SM mostraron una resistencia bajo carga axial de 37.33 kg/cm<sup>2</sup> y a la flexión de 30.89 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa incrementos del 32.6% en resistencia bajo carga axial y del 20.3% en resistencia a flexión, respectivamente.

**Cortez y Lozano (2021).** La investigación tiene como objetivo analizar la evaluación de la resistencia bajo carga axial de ladrillos de concreto agregando papel reciclado. El estudio se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo con diseño experimental. La población estuvo compuesta por 48 probetas de forma prismática rectangular y 36 vigas con dimensiones de 15 cm de lado y 50 cm de largo. Se seleccionaron 12 elementos de concreto, a los que se les incorporó papel reciclado en proporciones de 0%, 4%, 8% y 12%. Durante los ensayos, se evaluaron las propiedades físicas del concreto, como el dimensionamiento, la absorción y el alabeo, y las propiedades mecánicas, específicamente la resistencia bajo carga axial. En las vigas se midió la resistencia a la flexión. Los resultados mostraron que el papel reciclado tuvo un efecto positivo, ya que al agregar un 8% de papel reciclado a la mezcla, se logró

un aumento del 7.01% en la resistencia bajo carga axial y del 2.83% en la resistencia a la flexión, en comparación con la muestra control. Además, se observó una mejora en la variación dimensional máxima, que fue de 0.83%, 1.23% y 1.78%, y una absorción máxima de 3.9%.

### **2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES**

**López (2023).** La investigación tuvo como objetivo analizar la resistencia bajo carga axial y flexión de ladrillos King concreto convencional frente a ladrillos King concreto con aditivos inorgánicos y orgánicos en Ambo - Huánuco 2022. Los ensayos indicaron que es recomendable fabricar ladrillos sólidos con un 1% de residuos inorgánicos (PET reciclado) en relación con el peso seco de la muestra, ya que esto mejora su resistencia bajo carga axial y flexión. De igual manera, se sugiere la producción de ladrillos sólidos con un 1% de residuos orgánicos (cartón reciclado) en peso seco, dado que también se mejora su capacidad de resistencia bajo carga axial y flexión. Además, se recomienda la fabricación de ladrillos King de concreto con un 1% y 3% de PET reciclado en peso seco, lo que mejora su resistencia tanto a la compresión como a la flexión. En conclusión, el autor señala que la incorporación de residuos inorgánicos y orgánicos en la producción de ladrillos King de concreto puede mejorar considerablemente su resistencia bajo carga axial y flexión. Asimismo, el uso de PET reciclado en la mezcla de concreto aumenta la resistencia de los ladrillos King de concreto en estos aspectos.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 LADRILLO DE TIERRA COMPACTADA**

Los ladrillos de tierra comprimida son unidades de albañilería prefabricadas a partir de una mezcla de tierra cruda, agua y, en algunos casos, aditivos estabilizadores (Solórzano Gil et al., 2021).

## Figura 1

### *Ladrillo de tierra compactada*



*Nota.* Bloque de tierra comprimida o también llamado ladrillo ecológico. Fuente: Imagen recogida del sitio web [ecologiaverde.com](http://ecologiaverde.com).

**Composición del Material:** El ladrillo de tierra compactada se compone principalmente de tierra, arcilla, arena y materiales orgánicos como paja o hierba. Estos ingredientes se mezclan en proporciones específicas para lograr una mezcla homogénea y adecuada para la construcción (Ceve, 2014).

**Proceso de Fabricación:** Implica mezclar los ingredientes mencionados anteriormente con agua para formar una masa. Esta mezcla se coloca en moldes y se compacta para eliminar el exceso de aire y crear una estructura sólida. Posteriormente, los ladrillos se secan al sol o se cuecen para aumentar su resistencia (Mileto et al., 2012).

**Propiedades mecánicas:** Los ladrillos de tierra compactada es un material que presenta buenas propiedades mecánicas, por lo que es una buena unidad de albañilería para la construcción (Roux, 2011).

**Tabla 1**

*Valores de las propiedades mecánicas del BTC*

<b>Propiedad</b>	<b>Valor mínimo</b>
Resistencia bajo carga axial o compresión	2 MPa
Resistencia a la flexión	0,5 MPa
Módulo de elasticidad	500 MPa - 1500 MPa
Resistencia al corte	0,2 MPa - 0,5 MPa
Coefficiente de Poisson	0,2 - 0,3
Resistencia a la helada	≥ 25 ciclos

*Nota.* Propiedades mecánicas del BTC. Fuente: Norma francesa para BTC (AFNOR XP P 13-901 (28), 2017).

**Ventajas del ladrillo de tierra compactada:** Ofrece sostenibilidad al ser un material natural y renovable con un impacto ambiental reducido, eficiencia energética gracias a su alta inercia térmica para regular la temperatura interna, regulación de la humedad al tener la capacidad de absorber y liberar humedad para mejorar el confort interior, aislamiento acústico con una buena capacidad para reducir el sonido, durabilidad al ser resistente a la intemperie y a la degradación biológica, y versatilidad al poder utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones constructivas (Roux, 2011).

## **2.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Propiedad mecánica fundamental que describe como un material resiste fuerzas que tienden a comprimirlo o reducir su volumen (Besednjak, 2009).

**Carga Axial:** Se aplica una carga axial directa al material. Esta carga actúa a lo largo del eje principal del material y comprime sus partículas o moléculas. La capacidad del material para resistir esta carga axial se expresa como su resistencia bajo carga axial (Gallegos, 2005).

### 2.2.3 RESISTENCIA BAJO CARGA AXIAL EN EL LADRILLO

En el caso de materiales como los bloques de tierra compactada, tapial o adobe, la resistencia bajo carga axial es un factor crucial para determinar su capacidad de carga en estructuras. Para realizar una investigación adecuada, es fundamental adherirse a las regulaciones pertinentes sobre la resistencia bajo carga axial en ladrillos de tierra compactada, siguiendo las pautas establecidas por la normativa francesa AFNOR XP P 13-901. Este marco normativo guiará la determinación de la resistencia bajo carga axial mediante el método de ensayo que nos proporciona. Siguiendo las indicaciones de la normativa francesa AFNOR XP P 13-901, antes de someterse al ensayo de compresión, se selecciona de manera aleatoria un bloque de tierra compactada (BTC). De manera precisa, se emplea una cinta métrica para medir la altura, anchura y longitud del bloque, teniendo en cuenta que, conforme a la misma normativa, las dimensiones más frecuentemente empleadas son 14 cm x 9.5 cm x 29.5 cm (espesor x altura x longitud) o 22 cm x 9.5 cm x 22 cm. Este proceso asegura que las caras del bloque presenten una superficie plana sin imperfecciones y que se dispongan de manera paralela entre sí (AFNOR XP P 13-901, 2017).

En la fase de prueba, el bloque luego 28 días, se posiciona en la prensa de ensayo, justo en el centro entre los robustos platos de carga. Luego, se inicia el proceso al aplicar una carga de compresión con una velocidad constante de 1 mm/min. Durante este vaivén de fuerzas, se toma nota con diligencia de la carga máxima que el bloque es capaz de soportar antes de sucumbir a la fatiga y rendirse ante la presión. Conforme a las estipulaciones de la norma AFNOR XP P 13-901, se especifica que la resistencia bajo carga axial debe superar los 6 megapascales (MPa) para validar el ensayo (AFNOR XP P 13-901, 2017).

Se realizará el estudio de la resistencia en base a la siguiente fórmula para cada bloque de tierra:

Resistencia bajo carga axial o compresión = Carga máxima / Área de la sección transversal

**Tabla 2**

*Resistencia bajo carga axial*



*Nota.* Ensayo de resistencia bajo carga axial de ladrillos artesanales. Fuente: (Ludeña Bazan, 2023).

## **2.2.4 PAPEL RECICLADO**

El papel reciclado se basa en principios fundamentales relacionados con la sostenibilidad y la gestión responsable de los recursos naturales (Careaga, 1993).

**Economía Circular:** El papel reciclado se alinea con el concepto de economía circular, donde los materiales se reciclan y reutilizan en lugar de ser desechados (Ferro, 2020).

Se busca cerrar el ciclo de vida de los productos, minimizando la extracción de materias primas vírgenes y reduciendo los residuos.

**Conservación de Recursos Naturales:** El uso de papel reciclado contribuye a la conservación de los recursos, ya que reduce la dependencia de la pulpa de madera virgen.

Disminuir la tala de árboles para obtener pulpa de papel ayuda a preservar la biodiversidad y los ecosistemas forestales (Esteve y Lloréns, 2003).

**Reducción de Residuos:** Al reciclar papel, se evita que toneladas de desechos terminen en vertederos, reduciendo así la presión sobre los sitios de eliminación de residuos (Robert, 2020).

## 2.2.5 ADHESIVO SINTÉTICOS

Los adhesivos sintéticos, también conocidos como adhesivos industriales, son sustancias químicas desarrolladas artificialmente con el propósito de unir o adherir dos o más superficies. Estos adhesivos son distintos de los adhesivos naturales, como la goma o el almidón, ya que se fabrican a través de procesos químicos controlados y utilizando componentes sintéticos son muy utilizados debido a sus propiedades específicas. (TEKNO, 2022).

**Composición Química:** Los adhesivos sintéticos son formulados a partir de compuestos químicos específicos, como polímeros sintéticos, resinas, plastificantes y otros aditivos. Con estos materiales se determina las propiedades del material (Matteini y Moles, 2001).

**Polimerización:** Muchos adhesivos sintéticos se basan en polímeros que resultan de procesos de polimerización. La polimerización puede ser realizada mediante reacciones químicas, como la polimerización en emulsión o la polimerización por radicales libres. La formación de cadenas poliméricas contribuye a la resistencia y flexibilidad del adhesivo (Billmeyer, 2020).

**Propiedades Mecánicas:** Los adhesivos sintéticos, tienen propiedades como la resistencia a tracción, la elasticidad y la resistencia

al cizallamiento, están determinadas por la naturaleza de los polímeros utilizados y la estructura molecular del adhesivo (Polo et al., 2010).

**Adhesión y Cohesión:** La capacidad de un adhesivo para unir dos superficies (adhesión) y mantener su integridad interna (cohesión) depende de la interacción entre el adhesivo y el sustrato. Factores como la polaridad, la humectabilidad y las fuerzas intermoleculares influyen en la adhesión (Seymour y Carraher, 2021).

### 2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Aditivos:** Los aditivos son sustancias que se añaden a otros materiales, como alimentos, productos químicos, plásticos, combustibles, entre otros, con el propósito de modificar o mejorar ciertas características de esos materiales (Núñez, 2015).

**Aditivos estabilizadores:** Sustancias químicas que se agregan a productos para mejorar o mantener ciertas propiedades durante su fabricación, almacenamiento o uso (Seymour y Carraher, 2021).

**Aislamiento acústico:** Capacidad de un material o estructura para reducir o bloquear la transmisión del sonido de un lugar a otro (Rougeron, 1977).

**Alta inercia:** Propiedad de un objeto o sistema de resistir cambios en su estado de movimiento o reposo (Wildi, 2006).

**Degradación biológica:** La degradación biológica se refiere al proceso por el cual organismos vivos, como bacterias, hongos, insectos u otros microorganismos, descomponen materiales orgánicos o inorgánicos en componentes más simples (Branzini y Zubillaga, 2012).

**Ecosistemas forestales:** Los ecosistemas forestales son áreas biogeográficas extensas dominadas por árboles, arbustos y otras plantas leñosas, junto con una variedad de organismos vivos interrelacionados y los factores abióticos del entorno en el que se encuentran (Pardos, 2010).

**Factores de polaridad:** Los factores de polaridad son las características de una molécula que determinan si es polar o no (Cucarián Hurtado et al., 2022).

**Polímeros sintéticos:** Un polímero sintético es un material polimérico que ha sido producido mediante procesos químicos o industriales, en contraste con los polímeros naturales que se encuentran en la naturaleza (Besednjak, 2009).

**Plastificantes:** Los plastificantes son aditivos químicos que se añaden a los polímeros (como plásticos y elastómeros) para mejorar sus propiedades flexibles y maleables (Schweigger, 2005).

**Recursos forestales:** Recursos naturales llamados bosques y áreas arboladas, y que son utilizados o gestionados por seres humanos con diversos propósitos (Pacheco, 2006).

**Resinas:** Las resinas son conocidas por su capacidad para endurecerse o solidificarse después de ciertos procesos químicos o físicos (Vázquez, 2001).

**Resistencia al cizallamiento:** La resistencia al cizallamiento se describe como la capacidad de un material para resistir fuerzas que actúan en direcciones opuestas pero paralelas entre sí (Guerrin y Lavour, 1978).

**Sostenibilidad:** La sostenibilidad implica equilibrar el desarrollo económico, social y ambiental para asegurar un mejor presente y un futuro sostenible a largo plazo (González, 2022).

**Versatilidad:** La versatilidad se refiere a la capacidad de adaptarse o desempeñarse en diversas situaciones o funciones con facilidad y eficacia (Zorrilla, 2022).

**Vertederos:** Lugar destinado para la colocación y ubicación de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, donde los desechos son depositados y almacenados (Israelsen y Hansen, 1981).

## **2.4 HIPÓTESIS**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

HG: La adición de adhesivo sintético influye significativamente en la resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado, Huánuco - 2024.

H0: La adición de adhesivo sintético NO influye significativamente en la resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado, Huánuco - 2024.

### **2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

HE1: La inclusión de 200 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

H0: La inclusión de 200 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua NO tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

HE2: La inclusión de 250 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

H0: La inclusión de 250 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua NO tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

HE3: La inclusión de 300 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

H0: La inclusión de 300 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua NO tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

## **2.5 VARIABLES**

### **2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

Resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos de papel reciclado.

### **2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Adhesivo sintético.

## 2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Adhesivo sintético.</p>	<p>Los adhesivos sintéticos, también conocidos como adhesivos industriales, son sustancias químicas desarrolladas con el propósito de unir o adherir dos o más superficies. Estos adhesivos son distintos de los adhesivos naturales, como la goma o el almidón, ya que se fabrican a través de procesos químicos controlados y utilizando componentes sintéticos (TEKNO, 2022).</p>	<p>La cantidad de adhesivo sintético añadido durante el proceso de fabricación del ladrillo, medida en mililitros por litro de agua en la mezcla.</p>	<p>Adición de 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético por litro de agua durante el proceso de elaboración del ladrillo compactado.</p>	<p>Litros (Lts)</p>	<p>Ficha de laboratorio del ensayo.</p>
<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.</p>	<p>La resistencia bajo carga axial es una propiedad fundamental de los materiales que define su capacidad para soportar una carga aplicada de forma axial sin romperse. En el caso de materiales como los bloques de tierra compactada, tapial o adobe, la resistencia bajo carga axial es un factor crucial para determinar su capacidad de carga en estructuras (Carcedo Fernández, 2012).</p>	<p>Representa la capacidad del ladrillo para resistir fuerzas de compresión, medida en unidades de presión, como megapascales (MPa) o kilo newtons por metro cuadrado (kN/m<sup>2</sup>). La resistencia bajo carga axial se evalúa mediante pruebas específicas de laboratorio.</p>	<p>Resistencia bajo carga axial del ladrillo compactado con adición de 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético.</p>	<p>Resistencia bajo carga axial (kg/cm<sup>2</sup>)</p>	<p>Ficha de laboratorio del ensayo.</p>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación aplicada es un enfoque pragmático, buscando la utilidad práctica de los conocimientos y descubrimientos científicos. A diferencia de la investigación básica, que se centra en la expansión del conocimiento teórico sin una aplicación inmediata, la investigación aplicada se orienta a resolver problemas específicos o satisfacer necesidades concretas en áreas como la tecnología, la industria, la medicina o la ingeniería (Quezada, 2010).

El propósito de nuestro estudio consiste en examinar cómo se ve afectado el rendimiento en resistencia bajo carga axial de ladrillos fabricados con papel reciclado al introducir adhesivo sintético en su proceso de elaboración, específicamente añadiendo una cantidad determinada por cada litro de agua empleado.

##### **3.1.1 ENFOQUE**

La investigación cuantitativa analiza datos numéricos para comprender mejor un fenómeno, identificar tendencias y realizar inferencias. En otras palabras, se trata de medir y cuantificar variables utilizando técnicas matemáticas y estadísticas. El objetivo final es obtener resultados objetivos, generalizables y reproducibles (Hernández, 2018).

La información central del estudio será la resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel para lo cual se realizará un ensayo de compresión en un laboratorio para medir la resistencia de los ladrillos. El análisis de estos datos permitirá comprender mejor el comportamiento de los ladrillos de papel ante cargas compresivas, identificando sus propiedades mecánicas y determinando su potencial como material de construcción.

### 3.1.2 ALCANCE O NIVEL

El nivel explicativo es el grado de profundidad con el cual comprender la relación entre las variables estudiadas. En este nivel, el objetivo principal es explicar las relaciones causales o de interdependencia entre las variables, es decir, entender por qué ocurren ciertos fenómenos y cuáles son las razones subyacentes (Hernández, 2018).

Esta investigación busca comprender cómo la adición de adhesivo sintético en diferentes cantidades por litro de agua afecta la resistencia bajo carga axial de los ladrillos hechos de papel.

### 3.1.3 DISEÑO

Un diseño cuasiexperimental se asemeja a un experimento tradicional, pero no cumple con todos sus requisitos de control. El investigador no posee un control total sobre la asignación de participantes a grupos o condiciones de estudio por motivos éticos, logísticos o prácticos. A pesar de estas limitaciones, los diseños cuasiexperimentales son herramientas valiosas para evaluar relaciones causales entre variables cuando un experimento totalmente controlado no es viable (Hernández Sampieri, 2018).

En nuestro caso, hemos elegido un método de muestreo no aleatorio para el experimento. Esto significa que los grupos de análisis se seleccionarán de forma previa, antes de la ejecución del experimento.

NA GR 1.....X1.....R1

NA GR 2.....X2.....R2

NA GR 3.....X3.....R3

NA GR 4.....\_\_.....R4

Donde:

GR1, GR2 y GR3: Especímenes de ladrillo hecho con papel y la adición de 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua.

GR4: Especímenes de ladrillo compactado hecho según la normativa francesa AFNOR XP P 13-901.

X1, X2 y X3: Manipulación de la variable independiente mediante la inclusión de volúmenes específicos de adhesivo sintético, siendo estos de 200 ml, 250 ml y 300 ml por cada litro de agua.

R1, R2 y R3: Resultados del ensayo de resistencia bajo carga axial del ladrillo hecho con papel y la adición de 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua.

R4: Resultados del ensayo resistencia bajo carga axial de ladrillo compactado hecho según la normativa francesa AFNOR XP P 13-901.

## **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1 POBLACIÓN**

En una investigación, la población se refiere al conjunto de elementos o individuos con características comunes que son objeto de estudio. Su tamaño y alcance dependen de los objetivos específicos del trabajo. La población es clave para determinar el enfoque y los resultados del análisis (Pino Gotuzzo, 2018).

La población se conforma por 68 ejemplares, englobando tanto las muestras producidas conforme a la normativa francesa AFNOR XP P 13-901 como las muestras elaboradas utilizando papel y adhesivo sintético.

### **3.2.2 MUESTRA**

Una muestra no probabilística es un grupo de la población objetivo elegido sin aplicar métodos aleatorios, lo que implica que no todos los individuos tienen la misma oportunidad de ser seleccionados para formar parte de la muestra (Quezada Lucio, 2010).

A continuación, se presentan las muestras confeccionadas utilizando papel reciclado y adhesivo sintético, variando las proporciones por litro de agua, junto con las muestras fabricadas de acuerdo con las especificaciones de la norma francesa, cabe recalcar estas muestras tendrán medidas de 22 cm x 9,5 cm x 22 cm.

**Tabla 3***Descripción de las muestras*

<b>MUESTRAS PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN</b>	<b>NÚMERO DE MUESTRAS</b>
Ladrillos compactados elaborados según la norma francesa AFNOR XP P13-901	17
Ladrillos compactados hechos de papel reciclado y con adición de 200 ml de adhesivo sintético.	17
Ladrillos compactados hechos de papel reciclado y con adición de 250 ml de adhesivo sintético.	17
Ladrillos compactados hechos de papel reciclado y con adición de 300 ml de adhesivo sintético.	17
<b>TOTAL=</b>	<b>68</b>

### **3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para la recolección de datos se emplearon técnicas experimentales y mediciones directas en laboratorio. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión utilizando una máquina de compresión hidráulica, siguiendo los lineamientos de la norma técnica pertinente. Como instrumentos de recolección de datos, se utilizaron probetas de ladrillos elaboradas con diferentes proporciones de adhesivo sintético (200 ml, 250 ml y 300 ml), una prensa hidráulica para la aplicación de carga, y dispositivos de medición digital para registrar con precisión los valores de resistencia alcanzados. Además, se aplicó un análisis estadístico con la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para validar la fiabilidad de los datos obtenidos, asegurando así la rigurosidad y la validez de los resultados en el estudio.

### **3.4 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

En la investigación se emplea la observación directa como método de recolección de datos, lo que permite obtener información precisa sobre las variables en estudio. Además, se utilizan técnicas de laboratorio cuando es necesario el uso de instalaciones especializadas para obtener los datos. Se han fabricado ladrillos comprimidos hechos de papel reciclado con adición de adhesivo sintético en diferentes proporciones.

Estas proporciones incluyen 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético, con 17 muestras elaboradas para cada nivel de adición, además de los bloques de tierra comprimida que servirán para hacer la comparativa con los otros 3 grupos de adición. Los bloques fueron sometidos a pruebas de compresión. Todas las muestras fueron debidamente identificadas y el proceso experimental se documentó mediante fotografías para asegurar una mejor comprensión.

**Figura 2**

*Humedecimiento del papel*



**Figura 3**

*Desmenuzado del papel*



**Figura 4**

*Escurrimiento del agua*



**Figura 5**

*Recolección del papel triturado*



**Figura 6**

*Recubrimiento de desmoldante*



**Figura 7**

*Proceso de llenado de papel triturado en la carretilla*



**Figura 8**

*Adición del adhesivo sintético*



**Figura 9**

*Llenado de papel en los moldes*



**Figura 10**

*Elaboración de los ladrillos de papel*



**Figura 11**

*Proceso de tamizado de tierra*



**Figura 12**

*Mezclado de tierra tamizada con cemento en seco*



**Figura 13**

*Adición del agua*



**Figura 14**

*Llenado de tierra a la tolva de la máquina de compresión*



**Figura 15**

*Proceso de elaboración de los ladrillos comprimidos de tierra*



**Figura 16**

*Muestra poblacional*



**Figura 17**

*Ensayo de resistencia bajo carga axial de las muestras patrón*



**Figura 18**

*Rotura de los ladrillos de tierra comprimida*



**Figura 19**

*Ensayo de resistencia bajo carga axial de los ladrillos de papel con adición de 200 ml de adhesivo sintético*



**Figura 20**

*Rotura de los ladrillos de papel comprimido con adición de 200 ml de adhesivo sintético*



**Figura 21**

*Ensayo de resistencia bajo carga axial de los ladrillos de papel con adición de 250 ml de adhesivo sintético*



**Figura 22**

*Rotura de los ladrillos de papel comprimida con adición de 250 ml de adhesivo sintético*



**Figura 23**

*Ensayo de resistencia bajo carga axial de los ladrillos de papel con adición de 300 ml de adhesivo sintético*



**Figura 24**

*Rotura de los ladrillos de papel comprimido con adición de 300 ml de adhesivo sintético*



### **3.5 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS**

Para el análisis e interpretación de los datos, se utilizaron tablas y gráficos de frecuencias elaborados en Microsoft Excel, permitiendo organizar y visualizar los valores de resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos hechos con papel reciclado, tanto sin adhesivo sintético como con diferentes proporciones del mismo. Estas herramientas facilitaron la identificación de patrones y valores atípicos en la distribución de los datos. Asimismo, se empleó el software estadístico SPSS versión 25 para la aplicación de técnicas de estadística inferencial, incluyendo la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y pruebas de hipótesis, con el objetivo de evaluar la significancia del impacto del adhesivo sintético en la resistencia a la compresión de los ladrillos.

### **3.6 ASPECTOS ÉTICOS**

La investigación se rige por principios éticos de sostenibilidad, responsabilidad científica y transparencia en el análisis de datos, promoviendo el uso de materiales reciclados para reducir el impacto ambiental. Mediante un diseño cuasi experimental, se garantizaron la objetividad y la integridad en la obtención de resultados, evitando sesgos y manipulaciones. Además, el estudio busca un impacto social positivo al proponer una alternativa constructiva accesible y sostenible, asegurando que los ladrillos hechos con papel reciclado y adhesivo sintético sean seguros y funcionales, contribuyendo a la equidad en el acceso a viviendas dignas.

Asimismo, se ha respetado el principio de veracidad en la difusión de los hallazgos, asegurando que las conclusiones reflejen fielmente los resultados obtenidos sin exageraciones ni omisiones. La investigación también fomenta la ética en la innovación, ya que plantea una solución viable sin comprometer la calidad estructural ni la seguridad de los usuarios.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

#### 4.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS

En esta sección se expone el análisis de los datos de resistencia bajo carga axial de las muestras, obtenidos a través de ensayos realizados en el laboratorio de suelos y concreto.

#### Análisis descriptivo de los datos obtenidos en laboratorio

**Tabla 4**

*Resistencia bajo carga axial Ladrillos de Papel Reciclado y Ladrillos Patrón*

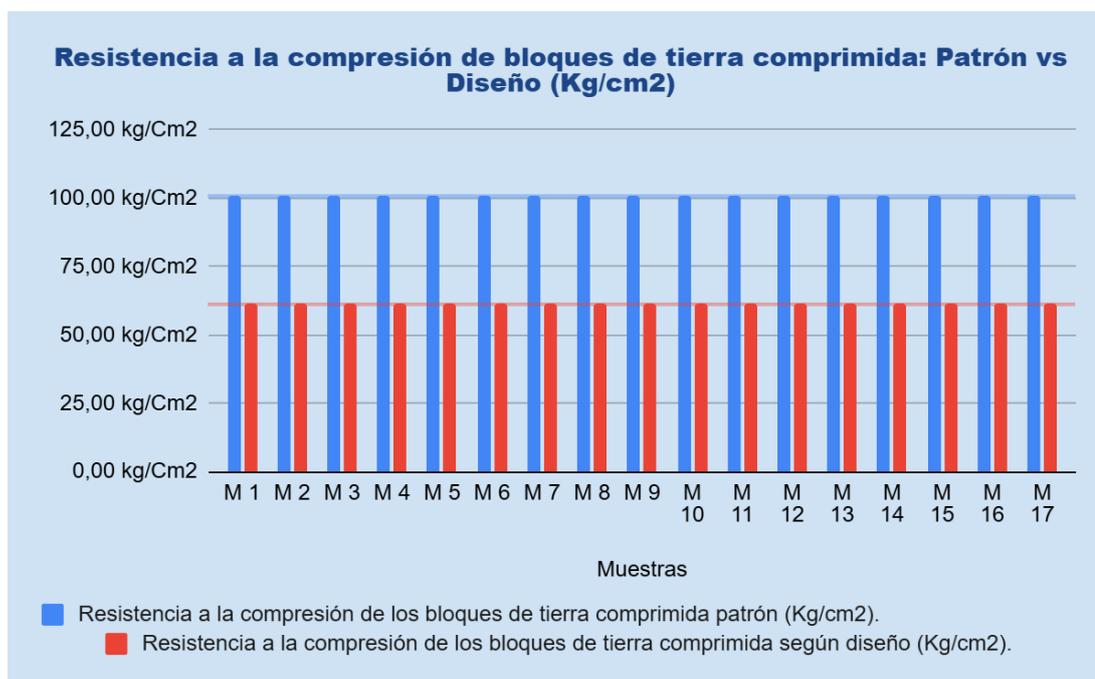
Muestras	F'c bloques de tierra comprimida patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c bloques de tierra comprimida según diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )
M 1	100,75	61,18
M 2	100,80	61,18
M 3	100,72	61,18
M 4	100,83	61,18
M 5	100,76	61,18
M 6	100,80	61,18
M 7	100,73	61,18
M 8	100,83	61,18
M 9	100,77	61,18
M 10	100,82	61,18
M 11	100,78	61,18
M 12	100,81	61,18
M 13	100,82	61,18
M 14	100,74	61,18
M 15	100,75	61,18
M 16	100,82	61,18
M 17	100,74	61,18

#### Interpretación

La tabla muestra los resultados de resistencia bajo carga axial de bloques de tierra comprimida sin adhesivo sintético y de acuerdo con la normativa francesa, que establece una resistencia máxima de 6 MPa o 61,18 Kg/cm<sup>2</sup> (AFNOR XP P 13-901, 2017).

**Figura 25**

*Comparación resistencia bajo carga axial bloques de tierra comprimida: Patrón vs. Diseño (Kg/cm<sup>2</sup>)*



### Interpretación

La figura muestra que el valor más alto de resistencia bajo carga axial de los bloques de tierra comprimida es de 100,83 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la resistencia bajo carga axial de los bloques según su diseño alcanza los 61,18 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 5**

*Medias resistencia bajo carga axial: Bloques de Tierra Comprimida Patrón vs. Diseño*

Media	Valor	Unidades
Resist. a compresión bloques de tierra comprimida.	100,78	Kg/cm <sup>2</sup>
Resist. a compresión bloques de tierra comprimida según diseño.	61,18	Kg/cm <sup>2</sup>

### Interpretación:

La tabla presentada compara las medias de resistencia bajo carga axial de bloques de tierra comprimida entre un bloque patrón y un bloque diseñado. Se observa que la resistencia promedio de bloques de tierra comprimida en estado patrón es de 100,78 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la resistencia de bloques

fabricados bajo diseño es de 61,18 kg/cm<sup>2</sup>. Esta diferencia notable en la resistencia indica que el bloque de tierra comprimida patrón supera en capacidad de compresión al bloque diseñado, lo cual sugiere que están bien elaborados.

**Tabla 6**

*Resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 200 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm<sup>2</sup>)*

Muestras	F'c ladrillos hechos con papel reciclado y 200 ml de adhesivo sintético (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c ladrillos BTC (Kg/cm <sup>2</sup> )
M 1	11,89	100,75
M 2	11,97	100,80
M 3	11,90	100,72
M 4	11,93	100,83
M 5	11,92	100,76
M 6	11,95	100,80
M 7	11,90	100,73
M 8	11,91	100,83
M 9	11,94	100,77
M 10	11,96	100,82
M 11	11,90	100,78
M 12	11,93	100,81
M 13	11,96	100,82
M 14	11,91	100,74
M 15	11,95	100,75
M 16	11,96	100,82
M 17	11,92	100,74

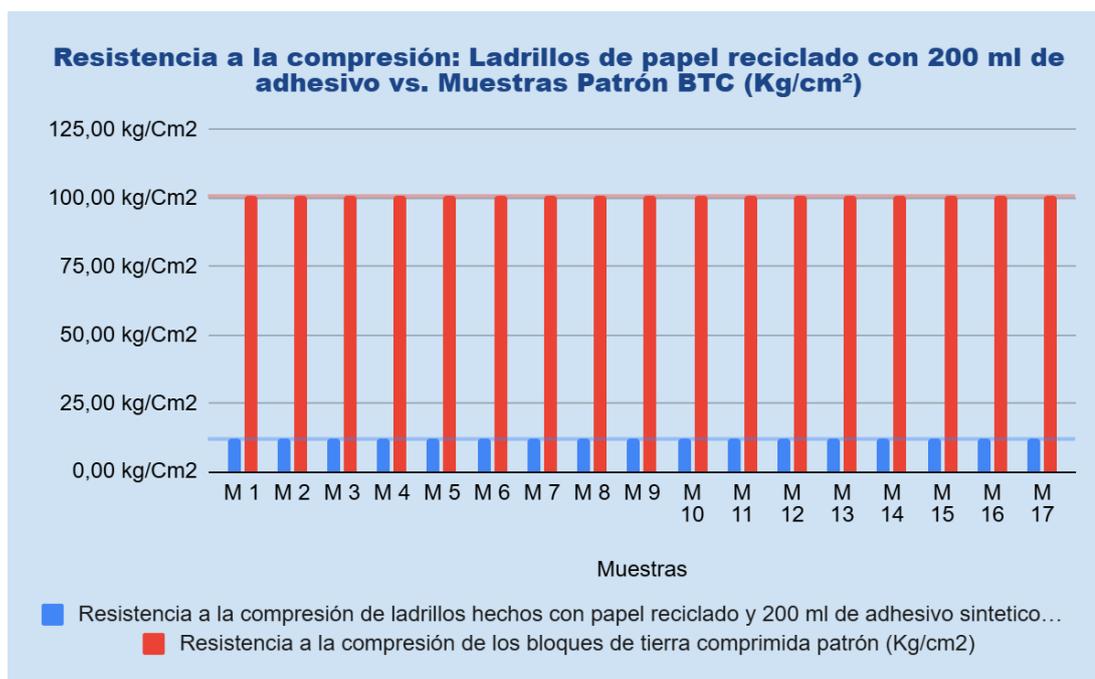
*Nota.* BTC=Bloques de tierra comprimida

### **Interpretación**

La tabla representa los resultados de laboratorios de la resistencia bajo carga axial para los ladrillos hechos de papel reciclado al adicionar 200 mililitros de adhesivo sintético y para los bloques de tierra comprimida consideradas como muestras patrón.

**Figura 26**

*Comparación resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 200 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm<sup>2</sup>)*



*Nota.* BTC=Bloques de tierra comprimida

### Interpretación

De la figura se observa que el valor más alto obtenido para la resistencia bajo carga axial de ladrillos hechos de papel reciclado con adición de 200 ml de adhesivo sintético es de 11,97 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el valor máximo alcanzado para la resistencia bajo carga axial de bloques de tierra comprimida es de 100,83 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 7**

*Medias resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 200 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm<sup>2</sup>)*

Media	Valor	Unidades
Resist. a compresión ladrillos con adición de 200 ml de adhesivo sintético.	11,93	Kg/cm <sup>2</sup>
Resist. a compresión bloques de tierra comprimida.	100,78	Kg/cm <sup>2</sup>

*Nota.* BTC=Bloques de tierra comprimida

### Interpretación:

La tabla compara las medias de resistencia bajo carga axial entre ladrillos de papel reciclado con 200 ml de adhesivo sintético y bloques de tierra comprimida (BTC) en estado patrón. Los resultados indican que los ladrillos de papel reciclado alcanzaron una resistencia bajo carga axial promedio de 11,93 kg/cm<sup>2</sup>, considerablemente inferior a la resistencia promedio de 100,78 kg/cm<sup>2</sup> obtenida por los bloques de tierra comprimida patrón. Esta diferencia significativa en la capacidad de compresión refleja que los ladrillos de papel reciclado, aun con la adición de adhesivo sintético, poseen una resistencia mucho menor en comparación con los bloques patrón de tierra comprimida.

**Tabla 8**

*Resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 250 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm<sup>2</sup>)*

Muestras	F'c ladrillos hechos con papel reciclado y 250 ml de adhesivo sintético (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c ladrillos BTC (Kg/cm <sup>2</sup> )
M 1	12,65	100,75
M 2	13,15	100,80
M 3	12,67	100,72
M 4	12,69	100,83
M 5	12,70	100,76
M 6	12,71	100,80
M 7	12,70	100,73
M 8	12,72	100,83
M 9	12,72	100,77
M 10	12,65	100,82
M 11	12,70	100,78
M 12	12,67	100,81
M 13	12,72	100,82
M 14	12,69	100,74
M 15	12,71	100,75
M 16	12,67	100,82
M 17	12,70	100,74

*Nota.* BTC=Bloques de tierra comprimida

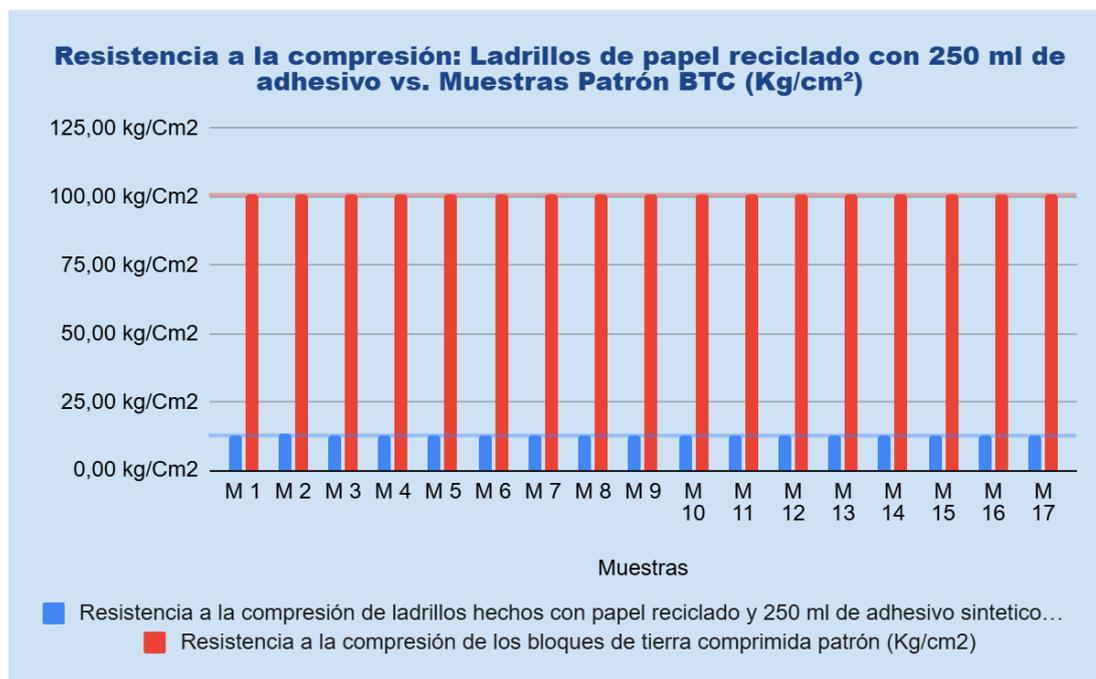
### Interpretación

La tabla representa los resultados de resistencia bajo carga axial para ladrillos hechos de papel reciclado al adicionar 250 mililitros de adhesivo

sintético y para los bloques de tierra comprimida consideradas como muestras patrón.

**Figura 27**

*Comparación resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 250 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm<sup>2</sup>)*



*Nota.* BTC=Bloques de tierra comprimida

### Interpretación

La figura muestra que la resistencia bajo carga axial más alta de los ladrillos fabricados con papel reciclado y 250 ml de adhesivo sintético es de 13,15 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el valor máximo de resistencia bajo carga axial de bloques de tierra comprimida es de 100,83 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 9**

*Medias resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 250 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm<sup>2</sup>)*

Media	Valor	Unidades
Resist. a compresión ladrillos con adición de 250 ml de adhesivo sintético.	12,72	Kg/cm <sup>2</sup>
Resist. a compresión bloques de tierra comprimida.	100,78	Kg/cm <sup>2</sup>

### Interpretación:

La tabla muestra una comparación de las medias de resistencia bajo carga axial entre ladrillos de papel reciclado con la adición de 250 ml de adhesivo sintético y bloques de tierra comprimida (BTC) en estado patrón. Los ladrillos de papel reciclado alcanzaron una resistencia bajo carga axial promedio de 12,72 kg/cm<sup>2</sup>, la cual sigue siendo considerablemente menor en comparación con la resistencia de 100,78 kg/cm<sup>2</sup> de los bloques de tierra comprimida patrón. Aunque se observa un ligero incremento en la resistencia de los ladrillos de papel reciclado al aumentar la cantidad de adhesivo, esta diferencia indica que aún están lejos de igualar el desempeño mecánico de los bloques patrón.

**Tabla 10**

*Resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón (Kg/cm<sup>2</sup>)*

Muestras	F'c ladrillos hechos con papel reciclado y 300 ml de adhesivo sintético (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c de ladrillos BTC (Kg/cm <sup>2</sup> )
M 1	13,20	100,75
M 2	13,28	100,80
M 3	13,22	100,72
M 4	13,24	100,83
M 5	13,25	100,76
M 6	13,18	100,80
M 7	13,23	100,73
M 8	13,26	100,83
M 9	13,22	100,77
M 10	13,27	100,82
M 11	13,21	100,78
M 12	13,26	100,81
M 13	13,28	100,82
M 14	13,23	100,74
M 15	13,20	100,75
M 16	13,27	100,82
M 17	13,22	100,74

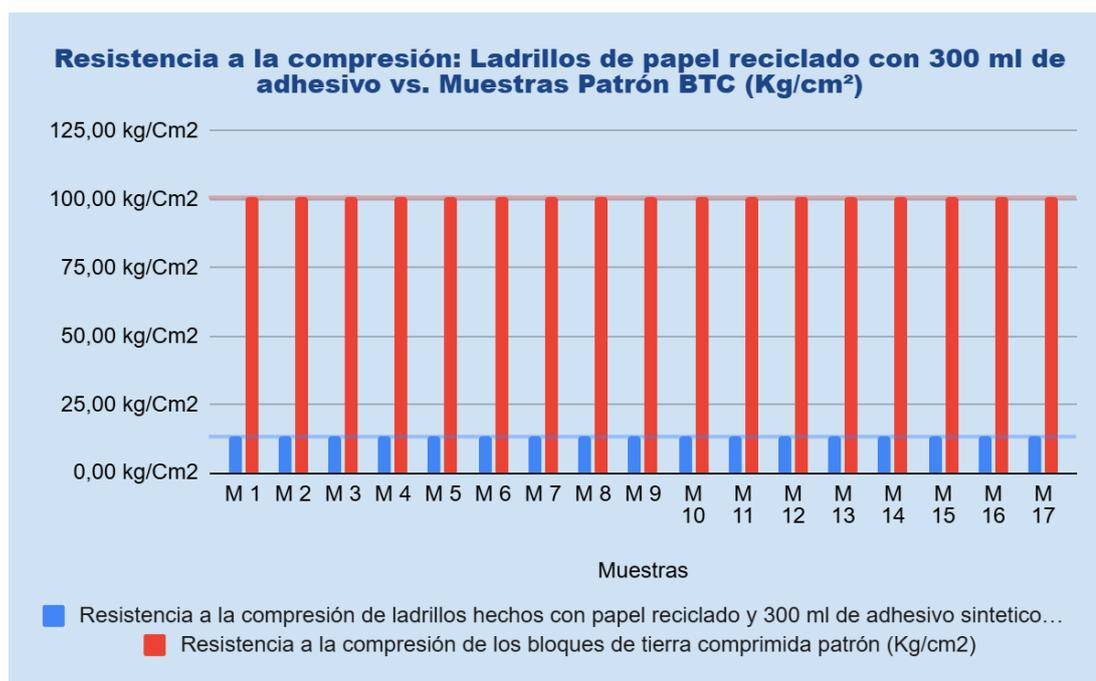
*Nota.* BTC=Bloques de tierra comprimida

## Interpretación

La tabla representa los resultados de resistencia bajo carga axial para ladrillos hechos de papel reciclado al adicionar 300 mililitros de adhesivo sintético y para los bloques de tierra comprimida consideradas como muestras patrón.

**Figura 28**

*Comparación resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm<sup>2</sup>) (Kg/cm<sup>2</sup>).*



*Nota.* BTC=Bloques de tierra comprimida

## Interpretación

La figura muestra que la resistencia bajo carga axial más alta de los ladrillos fabricados con papel reciclado y 300 ml de adhesivo sintético es de 13,28 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los bloques de tierra comprimida alcanzan un valor máximo de 100,83 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 11**

*Medias resistencia bajo carga axial: Ladrillos de papel reciclado con 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm<sup>2</sup>).*

Media	Valor	Unidades
-------	-------	----------

Resist. a compresión ladrillos con adición de 300 ml de adhesivo sintético.	13,24	Kg/cm <sup>2</sup>
Resist. a compresión bloques de tierra comprimida.	100,78	Kg/cm <sup>2</sup>

*Nota.* BTC=Bloques de tierra comprimida

### Interpretación:

La tabla compara las medias de resistencia bajo carga axial entre ladrillos de papel reciclado con la adición de 300 ml de adhesivo sintético y bloques de tierra comprimida (BTC) en estado patrón. Los ladrillos de papel reciclado alcanzaron una resistencia promedio de 13,24 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa un leve incremento respecto a los valores obtenidos con menores cantidades de adhesivo. Sin embargo, esta resistencia sigue siendo considerablemente inferior a los 100,78 kg/cm<sup>2</sup> de los bloques de tierra comprimida patrón. Estos resultados indican que, aunque la adición de mayor cantidad de adhesivo mejora ligeramente la resistencia de ladrillos de papel reciclado, esta sigue estando lejos de alcanzar el desempeño mecánico de los bloques patrón.

**Tabla 12**

*Resistencia bajo carga axial promedio: Ladrillos de papel reciclado con 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón (Kg/cm<sup>2</sup>)*

Muestras	F'c ladrillos hechos con papel reciclado y 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c ladrillos BTC (Kg/cm <sup>2</sup> )
M 1	12,58 kg/Cm <sup>2</sup>	100,75 kg/Cm <sup>2</sup>
M 2	12,80 kg/Cm <sup>2</sup>	100,80 kg/Cm <sup>2</sup>
M 3	12,60 kg/Cm <sup>2</sup>	100,72 kg/Cm <sup>2</sup>
M 4	12,62 kg/Cm <sup>2</sup>	100,83 kg/Cm <sup>2</sup>
M 5	12,62 kg/Cm <sup>2</sup>	100,76 kg/Cm <sup>2</sup>
M 6	12,61 kg/Cm <sup>2</sup>	100,80 kg/Cm <sup>2</sup>
M 7	12,61 kg/Cm <sup>2</sup>	100,73 kg/Cm <sup>2</sup>
M 8	12,63 kg/Cm <sup>2</sup>	100,83 kg/Cm <sup>2</sup>
M 9	12,63 kg/Cm <sup>2</sup>	100,77 kg/Cm <sup>2</sup>
M 10	12,63 kg/Cm <sup>2</sup>	100,82 kg/Cm <sup>2</sup>
M 11	12,60 kg/Cm <sup>2</sup>	100,78 kg/Cm <sup>2</sup>
M 12	12,62 kg/Cm <sup>2</sup>	100,81 kg/Cm <sup>2</sup>
M 13	12,65 kg/Cm <sup>2</sup>	100,82 kg/Cm <sup>2</sup>
M 14	12,61 kg/Cm <sup>2</sup>	100,74 kg/Cm <sup>2</sup>
M 15	12,62 kg/Cm <sup>2</sup>	100,75 kg/Cm <sup>2</sup>

M 16	12,63 kg/Cm <sup>2</sup>	100,82 kg/Cm <sup>2</sup>
M 17	12,61 kg/Cm <sup>2</sup>	100,74 kg/Cm <sup>2</sup>

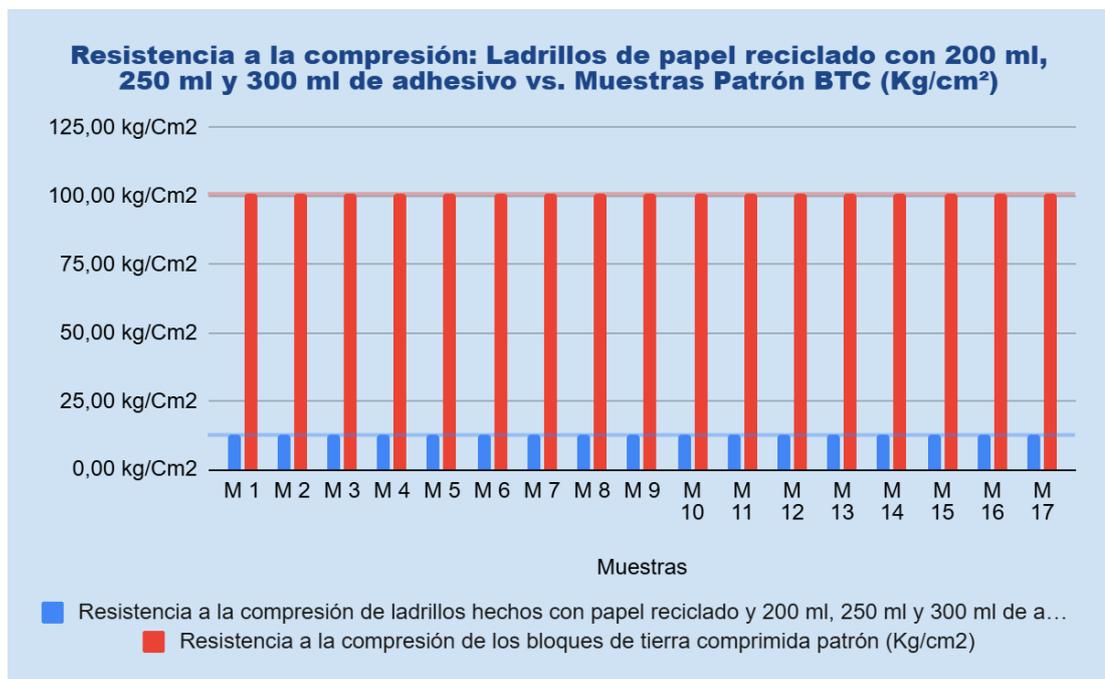
Nota. BTC=Bloques de tierra comprimida

### Interpretación

La tabla representa los resultados de resistencia bajo carga axial promedio para ladrillos hechos de papel reciclado al adicionar 200 ml, 250 ml y 300 mililitros de adhesivo sintético y para los bloques de tierra comprimida consideradas como muestras patrón.

**Figura 29**

Comparación resistencia bajo carga axial promedio: Ladrillos de papel reciclado con 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón (Kg/cm<sup>2</sup>)



Nota. BTC=Bloques de tierra comprimida

### Interpretación

La figura muestra que la resistencia bajo carga axial promedio más alta de ladrillos hechos con papel reciclado y adición de 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético es de 12,80 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los bloques de tierra comprimida alcanzan un valor máximo de 100,83 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 13**

*Medias Resistencia bajo carga axial: Promedio de ladrillos de papel reciclado con 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo vs. Muestras Patrón BTC (Kg/cm<sup>2</sup>)*

Media	Valor	Unidades
Resist. a compresión promedio ladrillos con adición de 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético.	12,63	Kg/cm <sup>2</sup>
Resist. a compresión bloques de tierra comprimida.	100,78	Kg/cm <sup>2</sup>

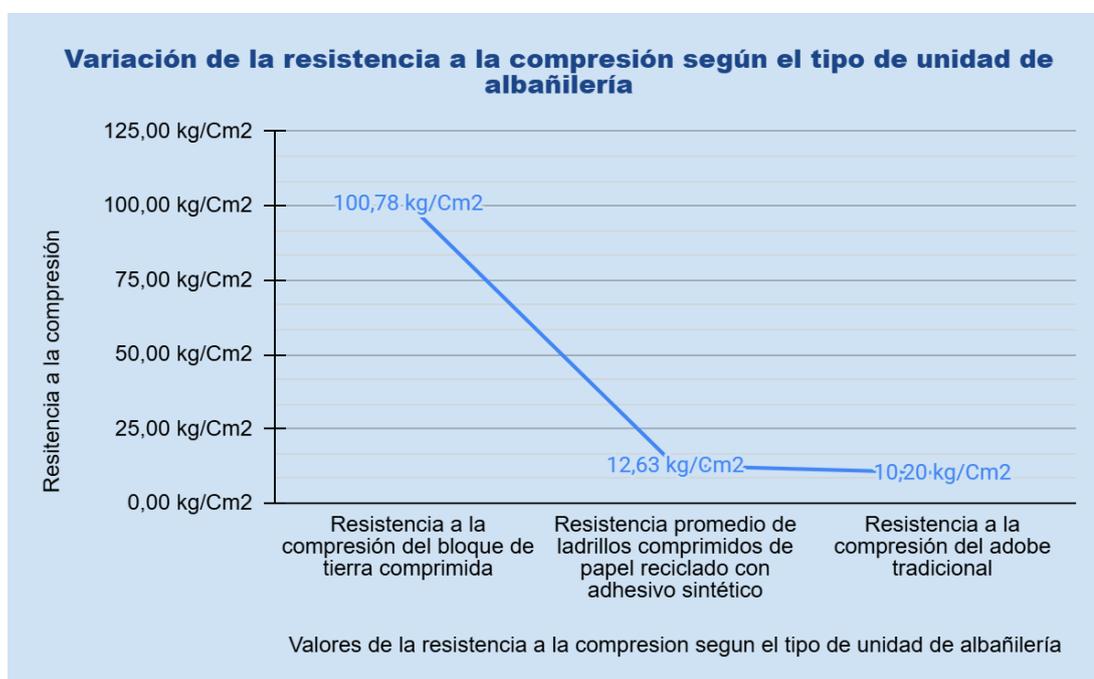
*Nota.* BTC=Bloques de tierra comprimida

**Interpretación:**

La tabla presenta la resistencia promedio a la compresión de los ladrillos de papel reciclado con adición de 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético, en comparación con los bloques de tierra comprimida patrón (BTC). Los ladrillos de papel reciclado alcanzaron una resistencia promedio de 12,63 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los bloques de tierra comprimida patrón mostraron una resistencia de 100,78 kg/cm<sup>2</sup>. Esta notable diferencia en la resistencia bajo carga axial destaca que, aunque varíe la cantidad de adhesivo, los ladrillos de papel reciclado tienen una capacidad de compresión considerablemente inferior a la de los bloques de tierra comprimida.

**Figura 30**

*Variación resistencia bajo carga axial según las unidades de albañilería*



### Interpretación:

La figura muestra la variación de la resistencia bajo carga axial entre diferentes tipos de unidades de albañilería. Se observa que los bloques de tierra comprimida presentan la mayor resistencia bajo carga axial, con un valor de 100,78 kg/cm<sup>2</sup>, destacándose como la unidad más resistente entre las analizadas. En comparación, los ladrillos comprimidos de papel reciclado con adhesivo sintético alcanzan una resistencia promedio de 12,63 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa una capacidad de compresión significativamente menor. Finalmente, los adobes tradicionales muestran la menor resistencia, con un valor de 10,20 kg/cm<sup>2</sup>, siendo la unidad menos resistente del grupo.

### 4.2 RESULTADOS INFERENCIALES

Para el contraste de las hipótesis se ha empleado el programa estadístico SPSS.

#### Para la hipótesis general

HG: La adición de adhesivo sintético influye significativamente en la resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado, Huánuco - 2024.

H0: La adición de adhesivo sintético NO influye significativamente en la resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado, Huánuco - 2024.

#### Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis general

Tabla 14

*Prueba de normalidad: Resistencia bajo carga axial promedio de ladrillos de papel reciclado con 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de tierra comprimida*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión de bloques de tierra	,166	17	,200*	,909	17	,097

---

comprimida (Kg/cm <sup>2</sup> ).						
Resistencia a la compresión de ladrillos hechos con papel reciclado y 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético (Kg/cm <sup>2</sup> ).	,362	17	,000	,578	17	,001

---

### Interpretación:

Se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, adecuada para muestras menores a 30. Los resultados muestran que los valores analizados no cumplen con el supuesto de normalidad en la resistencia a la compresión promedio de ladrillos elaborados con papel reciclado y 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético ( $p=0,001 < 0,05$ ). Sin embargo, los bloques de tierra comprimida sí cumplen este supuesto ( $p=0,097 > 0,05$ ). Ante la falta de normalidad en los datos, se optó por emplear la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

### Análisis inferencial para la hipótesis general

**Figura 31**

*Prueba de Wilcoxon: Resistencia bajo carga axial promedio de ladrillos de papel reciclado con 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de tierra comprimida*

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre la resistencia a la compresión de bloques de tierra comprimida y resistencia a la compresión de ladrillos hechos con papel reciclado 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,001	Rechazar la hipótesis nula.

---

## Interpretación

Del análisis realizado con el software estadístico SPSS se toma la hipótesis alternativa en la cual nos indica que la adición de adhesivo sintético influye significativamente en la resistencia a la compresión de ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado, Huánuco - 2024. Con una contrastación de ( $W=0,001 < 0,05$ ).

### Hipótesis específica 1:

HE1: La inclusión de 200 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

H0: La inclusión de 200 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua NO tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

### Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 1

**Tabla 15**

*Prueba de Normalidad: Resistencia a compresión de Ladrillos de Papel Reciclado con 200 ml de Adhesivo Sintético vs. Bloques de tierra comprimida*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia bajo carga axial de bloques de tierra comprimida (Kg/cm <sup>2</sup> ).	,166	17	,200*	,909	17	,097
Resistencia bajo carga axial de ladrillos hechos con papel reciclado y 200 ml de adhesivo sintético (Kg/cm <sup>2</sup> ).	,142	17	,200*	,932	17	,232

## Interpretación

Se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, ya que el tamaño de las muestras analizadas es menor a 30. Los resultados indican que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, tanto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos fabricados con papel reciclado y 200 ml de adhesivo sintético ( $p=0,232>0,05$ ) como en los bloques de tierra comprimida ( $p=0,097>0,05$ ). Tras confirmar la normalidad, se utilizó la prueba paramétrica T de Student para muestras relacionadas con el objetivo de evaluar la hipótesis planteada.

## Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 1

**Tabla 16**

*Prueba de t de Student: Resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel reciclado con 200 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de Tierra Comprimida.*

	Diferencias emparejadas			t	gl	Sig. (bilateral )
	Media	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Inferior	Superior			
Resistencia bajo carga axial de bloques de tierra comprimida (Kg/cm <sup>2</sup> ). -						
Resistencia bajo carga axial de ladrillos hechos con papel reciclado y 200 ml de adhesivo sintético (Kg/cm <sup>2</sup> ).	88,851 18	88,8351 3	88,86722	11741, 217	16	,001

## Interpretación

Del análisis realizado con el software estadístico SPSS se toma la hipótesis alternativa en la cual nos indica que la inclusión de 200 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la

resistencia bajo carga axial de ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado. Con una contrastación de ( $t=11741,217$ ;  $p=0,001<0,05$ ).

### Hipótesis específica 2:

HE2: La inclusión de 250 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

H0: La inclusión de 250 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua NO tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

### Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 2

**Tabla 17**

*Prueba de Normalidad: Resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel reciclado con 250 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de tierra comprimida*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia bajo carga axial de bloques de tierra comprimida (Kg/cm <sup>2</sup> ).	,166	17	,200*	,909	17	,097
Resistencia bajo carga axial de ladrillos hechos con papel reciclado y 250 ml de adhesivo sintético (Kg/cm <sup>2</sup> ).	,437	17	,000	,446	17	,001

### Interpretación:

Se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk debido al tamaño reducido de las muestras (menor a 30). Los resultados indican que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad para la resistencia bajo carga axial de los ladrillos elaborados con papel reciclado y 250 ml de adhesivo sintético ( $p=0,001<0,05$ ), mientras que sí cumplen para los bloques de tierra

comprimida ( $p=0,097>0,05$ ). Ante la falta de normalidad, se optó por realizar la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

## Análisis inferencial para la hipótesis específica 2

**Figura 32**

*Prueba de Wilcoxon: Resistencia bajo carga axial Promedio de Ladrillos de Papel Reciclado con 250 ml de Adhesivo Sintético vs. Bloques de Tierra Comprimida.*

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre la resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida y resistencia bajo carga axial de ladrillos hechos con papel reciclado 200 ml de adhesivo sintético es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,001	Rechazar la hipótesis nula.

### Interpretación

Del análisis realizado con el software estadístico SPSS se toma la hipótesis alternativa en la cual nos indica que la inclusión de 250 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado. Con una contrastación de ( $W=0,001<0,05$ ).

### Hipótesis específica 3:

HE3: La inclusión de 300 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

H0: La inclusión de 300 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua NO tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.

### Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 3

**Tabla 18**

*Prueba de Normalidad: Resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel reciclado con 300 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de tierra comprimida*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia bajo carga axial de bloques de tierra comprimida (Kg/cm <sup>2</sup> ).	,166	17	,200*	,909	17	,097
Resistencia bajo carga axial de ladrillos hechos con papel reciclado y 300 ml de adhesivo sintético (Kg/cm <sup>2</sup> ).	,133	17	,200*	,952	17	,483

### Interpretación:

Se utilizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk debido al tamaño reducido de las muestras (menor a 30). Los resultados indican que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, tanto para la resistencia bajo carga axial de los ladrillos fabricados con papel reciclado y 300 ml de adhesivo sintético ( $p=0,483>0,05$ ) como para los bloques de tierra comprimida ( $p=0,097>0,05$ ). Tras confirmar la normalidad, se aplicó la prueba paramétrica T de Student para muestras relacionadas con el propósito de contrastar la hipótesis.

### Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 3

**Tabla 19**

*Prueba de t de Student: Resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel reciclado con 300 ml de adhesivo sintético vs. Bloques de tierra comprimida*

Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
Media	95% de intervalo de confianza de la diferencia			

	Inferio		Superior				
	r						
Resistencia bajo carga axial de bloques de tierra comprimida (Kg/cm <sup>2</sup> ). -							
Resistencia bajo carga axial de ladrillos hechos con papel reciclado y 300 ml de adhesivo sintético (Kg/cm <sup>2</sup> ).	87,5441	87,527	87,56078	11135,373	16	,001	

### Interpretación

Del análisis realizado con el software estadístico SPSS se toma la hipótesis alternativa en la cual nos indica que la inclusión de 300 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado. Con una contrastación de ( $t=11135,373$ ;  $p=0,001 < 0,05$ ).

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Hidalgo et al. (2022) en su estudio sobre ladrillos de arcilla artesanales de Chambo con adición de polvo de vidrio reciclado, se encontró que estos ladrillos lograron mejorar significativamente sus propiedades mecánicas, alcanzando hasta un 240% más de resistencia bajo carga axial y un 220% más de resistencia a la flexión en comparación con los ladrillos tradicionales, al incorporar entre un 8% y 16% de polvo de vidrio en la mezcla. Esta mejora resalta el impacto positivo que ciertos aditivos pueden tener en la resistencia estructural de materiales tradicionales. En contraste, en nuestra investigación, el mayor valor obtenido para la resistencia bajo carga axial en ladrillos de papel reciclado con adición de 300 ml de adhesivo sintético fue de 13,24 kg/cm<sup>2</sup>, valor que, aunque mejorado respecto a versiones con menor adhesivo, sigue siendo significativamente inferior a la resistencia de 100,78 kg/cm<sup>2</sup> registrada en los bloques de tierra comprimida patrón. Estos resultados subrayan la efectividad limitada de la adición de adhesivo en los ladrillos de papel en comparación con el uso de polvo de vidrio en ladrillos de arcilla, sugiriendo la necesidad de explorar alternativas adicionales para mejorar la capacidad de compresión en materiales no convencionales como el papel reciclado.

Ruiz y Tassara (2023) en su investigación logró desarrollar eco-ladrillos modulares hechos de papel y cartón reciclado, alcanzando valores de resistencia bajo carga axial adecuados para la construcción de muros en viviendas, con resultados que variaron entre 230,54 kg/cm<sup>2</sup> y 123,20 kg/cm<sup>2</sup>, dependiendo del porcentaje de pasta de papel y cartón utilizado. Este diseño de mezcla, además de ser 100% reciclable, mostró ser viable para la edificación en la ciudad de Arequipa, cumpliendo con los estándares de las Normas Técnicas Peruanas (NTP). En contraste, en nuestra investigación, el mayor valor de resistencia bajo carga axial obtenido para los ladrillos de papel reciclado fue de 11,93 kg/cm<sup>2</sup> al incorporar 200 ml de adhesivo sintético, lo cual sigue siendo considerablemente inferior a los 100,78 kg/cm<sup>2</sup> registrados en los bloques de tierra comprimida patrón. Estos resultados reflejan una

limitación en la resistencia de ladrillos de papel reciclado en comparación con los eco-ladrillos desarrollados por Ruiz y Tassara, destacando la necesidad de optimizar la formulación o explorar materiales complementarios para mejorar su capacidad de compresión y su potencial de aplicación en la construcción estructural.

López (2023), en su investigación se concluyó que la incorporación de residuos inorgánicos y orgánicos, específicamente PET reciclado y cartón reciclado, en la fabricación de ladrillos King de concreto convencional, puede mejorar significativamente su resistencia bajo carga axial y a flexión. Los ensayos mostraron que, con solo un 1% de PET o cartón reciclado en peso seco de la muestra, los ladrillos sólidos obtuvieron mejoras notables en sus propiedades mecánicas, posicionándolos como una alternativa eficiente y sostenible en la construcción. En contraste, en nuestra investigación, el valor promedio de resistencia bajo carga axial obtenido en ladrillos hechos con papel reciclado y adición de 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético fue de 12,63 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es considerablemente inferior a los 100,78 kg/cm<sup>2</sup> alcanzados por los bloques de tierra comprimida patrón. Este contraste sugiere que, si bien los materiales reciclados como el papel y el adhesivo sintético presentan beneficios en términos de sostenibilidad, su capacidad de resistencia sigue siendo limitada en comparación con las alternativas estudiadas por López, lo que subraya la necesidad de seguir explorando mejoras en la composición de los ladrillos de papel reciclado para que puedan acercarse a estándares de resistencia más elevados.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, concluimos en lo siguiente:

Para el objetivo general: Determinar la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado y adhesivo sintético, Huánuco - 2024. Se concluye que se observa una influencia significativa en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ( $W=0,001<0,05$ ), al analizar los valores promedio, se puede inferir que la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado y utilizando 200 ml, 250 ml y 300 ml de adhesivo sintético, con una media de 12,63 kg/cm<sup>2</sup>, es considerablemente inferior en comparación con la resistencia bajo carga axial de los bloques de tierra comprimida, cuya media alcanza los 100,78 kg/cm<sup>2</sup>.

Para el objetivo específico 1: Determinar el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 200 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición. Se concluye que se observa una influencia significativa en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado al incluir 200 ml de adhesivo sintético. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ( $t=11741,217$ ;  $p=0,001<0,05$ ), al analizar los valores promedio, se puede inferir que la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado y utilizando 200 ml de adhesivo sintético, con una media de 11,93 kg/cm<sup>2</sup>, es considerablemente inferior a la de los bloques de tierra comprimida, cuya resistencia promedio alcanza los 100,78 kg/cm<sup>2</sup>.

Para el objetivo específico 2: Determinar el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 250 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición. Se concluye que se observa una influencia significativa en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado al incluir 250 ml de adhesivo sintético. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ( $W=0,001<0,05$ ), al analizar los valores promedio, se puede

inferir que la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado y utilizando 250 ml de adhesivo sintético, con una media de 12,72 kg/cm<sup>2</sup>, es considerablemente inferior a la de los bloques de tierra comprimida, cuya resistencia promedio alcanza los 100,78 kg/cm<sup>2</sup>.

Para el objetivo específico 3: Determinar el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 300 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición. Se concluye que se observa una influencia significativa en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado al incluir 300 ml de adhesivo sintético. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ( $t=11135,373$ ;  $p=0,001<0,05$ ), al analizar los valores promedio, se puede inferir que la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado y utilizando 300 ml de adhesivo sintético, con una media de 13,24 kg/cm<sup>2</sup>, es considerablemente inferior a la de los bloques de tierra comprimida, cuya resistencia promedio alcanza los 100,78 kg/cm<sup>2</sup>.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios adicionales para identificar la cantidad óptima de adhesivo que permita maximizar la resistencia bajo carga axial, minimizando al mismo tiempo los costos de producción. Ensayos con intervalos más pequeños entre 200 ml y 300 ml, podrían ofrecer datos más precisos sobre el punto óptimo de resistencia.
- Es importante analizar el comportamiento de estos ladrillos en condiciones de humedad, cambios de temperatura y exposición prolongada a la intemperie, especialmente en climas como el de Huánuco. Esto permitirá determinar su idoneidad para diferentes tipos de construcciones y climas.
- Realizar un análisis de los costos de producción de ladrillos de papel reciclado con adhesivo sintético frente a otros materiales de construcción convencionales podría demostrar su viabilidad económica, promoviendo su adopción en proyectos de bajo costo.
- Además de la compresión, sería beneficioso evaluar la resistencia de los ladrillos a fuerzas de flexión, tracción y corte. Esto contribuiría a un mejor entendimiento de su rendimiento estructural y su posible aplicación en diferentes partes de una edificación.
- Dado el enfoque en sostenibilidad, se sugiere investigar el uso de adhesivos naturales o ecológicos en lugar de sintéticos, evaluando su impacto en la resistencia y durabilidad del material. Esto podría mejorar aún más la huella ambiental del producto final.
- Con el respaldo de investigaciones futuras, se recomienda impulsar el reconocimiento de los ladrillos de papel reciclado y adhesivo sintético en las normativas locales de construcción, como una opción alternativa para edificaciones de bajo impacto ambiental.
- Dado el potencial de los materiales reciclados, se recomienda explorar otras aplicaciones, como elementos no estructurales, muros divisorios

o acabados, donde las exigencias de carga son menores, pero el impacto ecológico es igualmente positivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña Vera, M. S. (2022). Resistencia bajo carga axial y flexión de un ladrillo suelo-cemento usando un suelo tipo SC y otro CL. UPN. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32042>
- AFNOR XP P 13-901 (28). (2017). Norma francesa AFNOR XP P 13-901 (28). Asociación Francesa de Normalización. Informacion obtenido de <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/6023/7345/15336>
- Besednjak, A. (2009). *Materiales Compuestos*. UPC, S.L., Edicions. Obtenido de portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36804?show=full>
- Billmeyer, F. W. (2020). *Ciencia de los polímeros*. (R. Areal Guerra, Trad.) Reverte. Informacion Obtenido de ciencias de los polimeros en [https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788429191622\\_A40607475/preview-9788429191622\\_A40607475.pdf](https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788429191622_A40607475/preview-9788429191622_A40607475.pdf)
- Branzini, A., & Zubillaga, M. S. (2012). *Remediación Y Monitoreo de Suelos Contaminados Con Metales Pesados*. Obtenido en <https://www.morebooks.shop/shop-ui/shop/product/978-3-8484-6848-5>
- Cabrera, S. P., Aranda-Jiménez, Y. G., & Suárez-Domínguez, E. J. (2020). Bloques de tierra comprimida (btc) estabilizados con cal y cemento. Evaluación de su impacto ambiental y su resistencia bajo carga axial. *Hábitat Sustentable*. Obtenido en revista hábitat sustentable [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-07002020000200070](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-07002020000200070)
- Campoverde Bustos, F. M. (2018). Análisis de ladrillos ecológicos fabricados con suelo limo-arenoso, cemento, viruta y papel, en base a resistencia, costo y deformación. Informacion obtenido en repositorio de la Universidad Católica de Cuenca <https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management/article/view/1842/1966>
- Carcedo Fernández, M. (2012). Resistencia bajo carga axial de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente

- tamaño de partícula. Obtenido en archivo digital UPM.  
<https://oa.upm.es/10672/>
- Careaga, J. A. (1993). *Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes*. SEDESOL. Obtenido Instituto Nacional de Ecología  
<https://books.google.com.ec/books?id=SUjbgQyyxdEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Ceve. (2014). *Manual de Producción y Aplicación del Ladrillo PET*. Informacion obtenido en Nobuko.  
<https://books.google.com.pe/books?id=Q2eUs7KQyfgC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Cortez Prieto, M. H., & Lozano Surco, C. O. (2021). Evaluación de la resistencia bajo carga axial de ladrillos de concreto agregando papel reciclado, Piura 2021. Obtenido en repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/87053>
- Cucarián Hurtado, J. D., Barreto Franco, P. A., Castro Álvarez, N. A., & Cárdenas Sandoval, R. P. (2022). *Fundamentos teórico-prácticos de electroestimulación en la lesión medular*. Obtenido en sistema de informacion investigacion e innovacion de la Universidad del Rosario.  
<https://doi.org/10.12804/urosario9789587849431>
- Esteve Selma, M. A., & Lloréns Pascual del Riquelme, M. (2003). *Los recursos naturales de la región de Murcia*. (M. A. Esteve Selma, M. Lloréns Pascual del Riquelme, & C. Martínez Gallur, Edits.) Obtenido en porta de la investigacion de la Universidad de Murcia.  
<https://portalinvestigacion.um.es/documentos/63c0b24b3df4c204fbaf5cab>
- Ferro Veiga, J. (2020). Diccionario básico de términos de reciclaje.  
<https://www.amazon.es/DiccionarioB%C3%A1sicoT%C3%A9rminos-reciclaje-Manuel/dp/0464073650>
- Gallegos Vargas, H. (2005). *Albañilería Estructural*. Repositorio institucional de la PUCP. <https://repositorio.pucp.edu.pe/bitstreams/cf49bbcf-bc7f-4255-9f30-25ffcb077ebf/download>
- González Marín, A. M. (Ed.). (2022). *La globalización de la sostenibilidad: Hoja de ruta para una sociedad saludable y sostenible*. Obtenido en editorial

- Dykinson, S.L. <https://www.dykinson.com/libros/la-globalizacion-de-la-sostenibilidad/9788411228091/>
- Guerrin, A., & Lavaur, R. C. (1978). *Hormigón armado*. (M. Martínez Lafuente, Trad.) Obtener en Editores Técnicos Asociados. <https://books.google.com.bo/books?id=aeQe8LOIZm0C&printsec=frontcover&hl=es>
- Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana. Obtenido en <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Hidalgo Robalino, D., Davalos Castelo, H., & Llamuca Bonifaz, D. (2022). Resistencia bajo carga axial y flexión de ladrillos de arcilla artesanales de Chambo con adición de polvo de vidrio reciclado. Repositorio digital de Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9577>
- Lopez Salazar, D. S. (2023). Resistencia bajo carga axial y flexión de ladrillos king concreto convencional frente a ladrillos con aditivos inorgánicos y orgánicos, Ambo - Huánuco. Repositorio institucional de Universidad de Huánuco. <http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4584>
- Ludeña Bazan, P. (2023). Evaluación experimental del desempeño de la calidad estructural del ladrillo artesanal adicionando viruta de acero. Repositorio de tesis USAT <http://hdl.handle.net/20.500.12423/6287>
- Matteini, M., & Moles, A. (2001). *La química en la restauración: los materiales del arte pictórico*. (E. Bruno, & G. Lain, Trads.) <https://books.google.com.ec/books?id=D7mMueTlk38C&printsec=frontcover&hl=es>
- Medina Burga, J. L. (2019). Resistencia bajo carga axial axial del ladrillo de concreto clase III al reemplazo de porcentajes en 2.0%, 2.5% y 3.0% de papel reciclado. Repositorio institucional de Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/14060>
- Mileto, C., Vegas López-Manzanares, F., Vegas, F., & Cristini, V. (Edits.). (2012). *Rammed Earth Conservation*. Taylor & Francis. Obtenido en <https://doi.org/10.1201/b15164>
- Pacheco, P. (2006). *Descentralización forestal en Bolivia: implicaciones en el gobierno de los recursos forestales y el bienestar de los grupos*

- marginados*. Obtenido en CIFOR.  
<https://books.google.com.pe/books?id=X0LODwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es>
- Pardos, J. A. (2010). *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*. Obtenido en INIA.  
[https://secforestales.org/sites/default/files/archivos/libropardos\\_definitivo\\_171221.pdf](https://secforestales.org/sites/default/files/archivos/libropardos_definitivo_171221.pdf)
- Pino Gotuzzo, R. (2018). *Metodología de la investigación: elaboración de diseños para contrastar hipótesis*. Obtenido en editorial San Marcos.  
<https://editorialsanmarcos.com/producto/metodologia-de-la-investigacion/>
- Polo Cerón, D., Gómez Ruiz, S., & Prashar, S. (2010). *Aplicaciones de nuevos complejos metaloceno en polimerización de olefinas*. Obtenido en <https://www.digitaliapublishing.com/a/13659/aplicaciones-de-nuevos-complejos-metaloceno-en-polimerizacion-de-olefinas>
- Quezada Lucio, N. (2010). *Metodología de la investigación: estadística aplicada en la investigación*. Obtenido en Editorial Macro.  
<https://editorialmacro.com/wp-content/uploads/2021/02/9786123045760.pdf>
- Rebello, N., Deekshitha, K., & Shetty, S. (2023). Bloque de suelo comprimido estabilizado con cemento y cenizas volantes fabricado hidráulicamente.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-29572018000200007](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000200007)
- Robert, N. (2020). *Que Son los Recursos Naturales?* Rosen Publishing Group.  
<https://books.google.com.pe/books?id=a5tgEAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Romero García, M. (2002). *Resistencia de materiales*. Universitat Jaume I.  
<https://books.google.hn/books?id=OPUXb1L2cZUC&printsec=frontcover&hl=es>
- Rougeron, C. (1977). *Aislamiento acústico y térmico en la Construcción*.  
<https://books.google.com.pe/books?id=l62bH8f9AJYC&printsec=frontcover&hl=es>
- Roux Gutiérrez, R. S. (2011). *Btc Estabilizado Con Cpo Al 6% Y Refuerzo de Fibra de Coco, en Muros*. Obtenido en Editorial Academica Española.

<https://www.eae-publishing.com/catalogue/details/es/978-3-8465-6497-4/btc-estabilizado-con-cpo-al-6-y-refuerzo-de-fibra-de-coco,-en-muros>

Ruiz Pacheco, K. L., & Tassara Zañiga, E. S. (2023). Elaboración y diseño de eco-ladrillos modulares compuestos a base de papel y cartón reciclado para la construcción de muros en viviendas en la ciudad de Arequipa - Perú, 2021. Repositorio digital de Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstreams/bbac1485-9ba7-4f27-98cd-42f4e00b230a/download>

Seymour, R. B., & Carraher, C. J. (2021). *Introducción a la química de los polímeros*. (R. Areal Guerra, Trad.) Reverte. [https://books.google.co.ve/books?id=OdMfEAAAQBAJ&printsec=copyright&source=gbs\\_pub\\_info\\_r#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=OdMfEAAAQBAJ&printsec=copyright&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false)

Solórzano Gil, M., Soria López, F. J., & Topelson de Grinberg, S. (2021). *Proyectos de vivienda social sustentable*. (M. Solórzano Gil, Ed.) Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. <https://books.google.com.pe/books?id=dcNwEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es>

TEKNO. (2022). *Tekno: Productos tekncola ultra*. Recuperado el 20 de February de 2024, de TEKNO: [https://www.tekno.com.pe/productos/teknocola\\_ultra](https://www.tekno.com.pe/productos/teknocola_ultra)

Zorrilla, A. M. (2022). *Diccionario normativo del español de la Argentina*. Colegio de Traductores Públicos de la Ciudad de Buenos Aires. <https://books.google.com.pe/books?id=R9yXEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es>

## **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

León Baltazar, J. (2025). *Metodología Lean Construction y su relación con la optimización de la productividad de un proyecto de inversión pública en el Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Huánuco -2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b></p> <p>PG1: ¿Cuál es la resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado y adhesivo sintético, Huánuco - 2024?</p> <p><b>Problema específico</b></p> <p>PE1: ¿Cuál es el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 200 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición?</p> <p>PE2: ¿Cuál es el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 250 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>OG1: Determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado y adhesivo sintético, Huánuco - 2024.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>OE1: Determinar el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 200 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición.</p> <p>OE2: Determinar el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 250 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>HG1: La adición de adhesivo sintético influye significativamente en la resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos fabricados con papel reciclado, Huánuco - 2024.</p> <p><b>Hipótesis específica</b></p> <p>HE1: La inclusión de 200 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.</p> <p>HE2: La inclusión de 250 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.</p> <p>HE3: La inclusión de 300 ml de adhesivo sintético por cada litro de agua tiene un efecto significativo en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.</p> <p><b>Variables</b></p>	<p><b>Enfoque:</b></p> <p>Enfoque cuantitativo.</p> <p><b>Alcance o nivel:</b></p> <p>Alcance explicativo.</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>Diseño Cuasiexperimental.</p> <p><b>Técnica de investigación:</b></p> <p>Observación directa</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Fichas de campo y ficha de laboratorio.</p> <p><b>Población:</b></p> <p>En la investigación la población estará conformada por 68 especímenes.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra tomada es la no probabilística.</p>

---

<p>PE3: ¿Cuál es el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 300 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición?</p>	<p>OE3: Determinar el impacto en la resistencia bajo carga axial de los ladrillos compactados fabricados con papel reciclado al incluir 300 ml de adhesivo sintético por litro de agua en su composición.</p>	<p><b>Variable dependiente</b> Resistencia bajo carga axial de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado.</p> <p><b>Variable independiente</b> Adhesivo sintético.</p>
---	---	---

---

## ANEXO 2

### INSTRUMENTOS DE RECOJO DE DATOS

Ficha de laboratorio: Granulometría de la muestra de suelo



#### LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

*RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO HECHO CON PÁPEL RECICLADO Y*

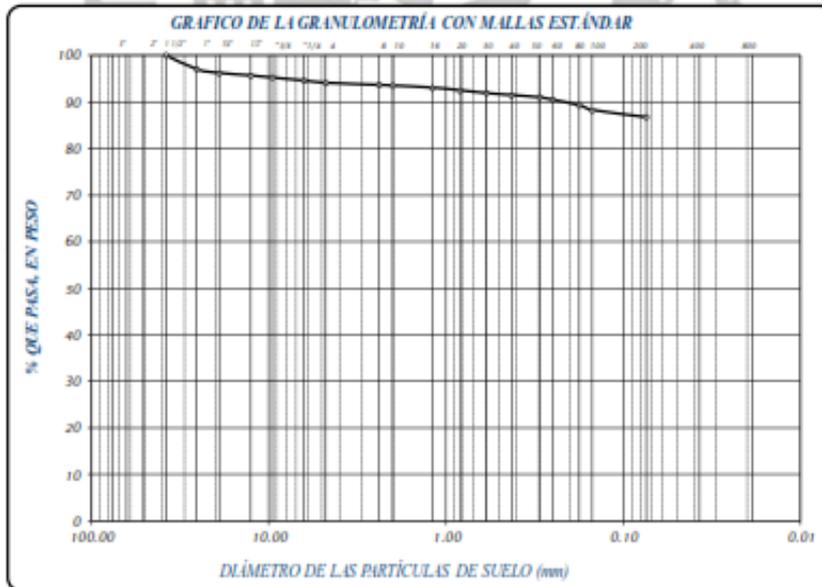
**TESIS** : **ADHESIVO SINTÉTICO, HUÁNUCO - 2024**

**UBICACIÓN** : **HUÁNUCO**

**SOLICITA** : **Bach. Elvis Ajón Marcos Silva**

**FECHA** : **OCTUBRE DEL 2024**

TAMIZ	N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO		
							muestra húmeda (mg)	muestra seca (mg)	peso de la tara (gr)
2.00"	1	76.200							
2.125"	2	63.700							
2"	3	39.800							
1.125"	4	38.100							
2"	5	25.400	104.6	1.02	0.02	98.98			
3/4"	6	19.000	26.3	0.76	0.78	99.22			
2.125"	7	12.700	18.7	0.54	1.32	98.68			
3/8"	8	9.525	16.1	0.47	1.79	98.21			
1/4"	9	6.350	11.4	0.42	2.21	97.79			
No 4	10	4.750	17.2	0.50	2.71	97.29			
No 8	20	2.360	13.8	0.46	3.17	96.83			
No 10	30	2.000	4.5	0.13	3.30	96.70			
No 16	40	1.180	13.6	0.43	3.73	96.27			
No 20	60	0.850	19.3	0.76	4.09	95.91			
No 30	80	0.590	11.6	0.42	4.51	95.49			
No 40	100	0.425	14.6	0.42	4.93	95.07			
No 50	150	0.297	16.8	0.48	5.41	94.59			
No 60	200	0.250	18.4	0.53	5.84	94.16			
No 80	300	0.177	19.6	1.14	6.98	93.02			
No 100	400	0.149	36.1	1.02	7.94	92.06			
No 200	600	0.074	33.9	1.33	9.27	90.73			
SEDIMENTA	0.063	3902.42	36.71	200.00	0.00				
TOTAL			4263.00	100.00					



Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



## Diseño de mezcla de los ladrillos comprimidos



<b>PROYECTO:</b>	"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO HECHO CON PAPEL RECICLADO Y ADHESIVO SINTÉTICO, HUANUCO - 2024"
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Elvis Afnet Marcos Silva
<b>FECHA:</b>	OCTUBRE DEL 2024

DISEÑO DE MEZCLA DE LOS LADRILLOS					
LADRILLO COMPRIMIDO DE TIERRA			LADRILLO COMPRIMIDO DE PAPEL		
<b>PESO SECO DE LA MUESTRA</b>	1	3.850 kg	<b>PESO SECO DE LA MUESTRA</b>	1	0.950 kg
<b>PESO SECO DE LA MUESTRA</b>	17	65.450 kg	<b>PESO SECO DE LA MUESTRA</b>	17	16.150 kg
<b>PATRON (17 MUESTRAS)</b>			<b>CON ADICIÓN DE ADHESIVO SINTÉTICO</b>		
<b>CANTIDAD DE CEMENTO</b>			<b>CANTIDAD DE ADHESIVO SINTÉTICO</b>		
30%	19.64 kg		200 ml	250 ml	300 ml
			3230 ml	4038 ml	4845 ml
<b>CANTIDAD DE AGUA</b>			<b>CANTIDAD DE AGUA</b>		
15%	9.82 kg		20%	20%	20%
			40 ml	50 ml	60 ml
			646 ml	808 ml	969 ml



Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654

Resultado del ensayo de resistencia bajo carga axial de los bloques de tierra comprimida (Patrón)



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA
NORMA:	BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA PARA MUROS Y TABIQUES - AFNOR XP P13-901
PROYECTO:	"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO HECHO CON PAPEL RECICLADO Y ADHESIVO SINTÉTICO, HUÁNUCO - 2024"
SOLICITA:	Bach. Elvis Afnet Marcos Silva
FECHA:	OCTUBRE DEL 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	ADHESIVO SINTÉTICO (ml)	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE ADOBE	CARGA		ESPECIMENES				R
					MÁXIMA (kN)	MÁXIMA (Kg)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	
M-1 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.11 kn	24.382.05 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.75 kg/cm <sup>2</sup>
M-2 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.23 kn	24.394.28 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.80 kg/cm <sup>2</sup>
M-3 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.03 kn	24.373.89 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.72 kg/cm <sup>2</sup>
M-4 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.29 kn	24.400.40 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.83 kg/cm <sup>2</sup>
M-5 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.12 kn	24.383.07 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.76 kg/cm <sup>2</sup>
M-6 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.22 kn	24.393.26 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.80 kg/cm <sup>2</sup>
M-7 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.06 kn	24.376.95 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.73 kg/cm <sup>2</sup>
M-8 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.30 kn	24.401.42 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.83 kg/cm <sup>2</sup>
M-9 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.15 kn	24.386.13 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.77 kg/cm <sup>2</sup>
M-10 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.26 kn	24.397.34 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.82 kg/cm <sup>2</sup>
M-11 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.17 kn	24.388.16 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.78 kg/cm <sup>2</sup>
M-12 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.24 kn	24.395.30 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.81 kg/cm <sup>2</sup>
M-13 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.28 kn	24.399.38 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.82 kg/cm <sup>2</sup>
M-14 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.08 kn	24.378.99 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.74 kg/cm <sup>2</sup>
M-15 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.11 kn	24.382.05 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.75 kg/cm <sup>2</sup>
M-16 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.27 kn	24.398.36 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.82 kg/cm <sup>2</sup>
M-17 (PATRON)	0 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	239.08 kn	24.378.99 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	100.74 kg/cm <sup>2</sup>

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

Donde:

- R: Resistencia a la Compresión del ladrillo
- P: Carga Máxima
- A: Área de la Superficie de Carga



**R PROMEDIO** 100.78 kg/cm<sup>2</sup>

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



*Ing. Samuel Juvenal Polanco Pardave*  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 219955

Resultado del ensayo de resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel con adición de 200 ml adhesivo sintético.



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA
NORMA:	BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA PARA MUROS Y TABIQUES - AFNOR XP P13-901
PROYECTO:	"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO HECHO CON PAPEL RECICLADO Y ADHESIVO SINTÉTICO, HUÁNUCO - 2024"
SOLICITA:	Bach. Elvis Afnet Marcos Silva
FECHA:	OCTUBRE DEL 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	ADHESIVO SINTETICO (ml)	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE ADOBE	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECIMENES				R
							Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Area (cm2)	
M-1 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.22 kn	2.977.99 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.89 kg/cm²
M-2 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.40 kn	2.895.95 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.97 kg/cm²
M-3 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.25 kn	2.880.65 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.90 kg/cm²
M-4 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.31 kn	2.886.77 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.93 kg/cm²
M-5 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.29 kn	2.884.73 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.92 kg/cm²
M-6 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.35 kn	2.890.85 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.95 kg/cm²
M-7 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.24 kn	2.879.63 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.90 kg/cm²
M-8 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.27 kn	2.882.69 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.91 kg/cm²
M-9 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.33 kn	2.888.81 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.94 kg/cm²
M-10 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.39 kn	2.894.93 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.96 kg/cm²
M-11 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.23 kn	2.878.61 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.90 kg/cm²
M-12 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.31 kn	2.886.77 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.93 kg/cm²
M-13 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.38 kn	2.893.91 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.96 kg/cm²
M-14 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.27 kn	2.882.69 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.91 kg/cm²
M-15 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.36 kn	2.891.87 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.95 kg/cm²
M-16 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.39 kn	2.894.93 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.96 kg/cm²
M-17 PAPEL	200 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	28.30 kn	2.885.75 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	11.92 kg/cm²

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

Donde:

- R: Resistencia a la Compresión del ladrillo
- P: Carga Máxima
- A: Área de la Superficie de Carga



R PROMEDIO 11.93 kg/cm²

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654

**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Salud*  
Ing. Samuel Juanito Palcos Parobave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Resultado del ensayo de resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel con adición de 250 ml adhesivo sintético.



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA
NORMA:	BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA PARA MUROS Y TABIQUES - AFNOR XP P13-901
PROYECTO:	"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO HECHO CON PAPEL RECICLADO Y ADHESIVO SINTETICO, HUÁNUCO - 2024"
SOLICITA:	Bach. Elvis Afnet Marcos Silva
FECHA:	OCTUBRE DEL 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	ADHESIVO SINTETICO (ml)	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE ADOBE	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	Ancho (cm)	ESPECIMENES			R
								Largo (cm)	Alto (cm)	Area (cm2)	
M-1 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.01 kn	3,060.12 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.65 kg/cm²
M-2 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.20 kn	3,181.46 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.15 kg/cm²
M-3 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.06 kn	3,065.22 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.67 kg/cm²
M-4 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.11 kn	3,070.32 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.69 kg/cm²
M-5 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.14 kn	3,073.38 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.70 kg/cm²
M-6 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.17 kn	3,076.43 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.71 kg/cm²
M-7 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.13 kn	3,072.36 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.70 kg/cm²
M-8 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.19 kn	3,078.47 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.72 kg/cm²
M-9 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.18 kn	3,077.45 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.72 kg/cm²
M-10 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.02 kn	3,061.14 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.65 kg/cm²
M-11 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.15 kn	3,074.40 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.70 kg/cm²
M-12 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.08 kn	3,067.26 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.67 kg/cm²
M-13 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.18 kn	3,077.45 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.72 kg/cm²
M-14 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.11 kn	3,070.32 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.69 kg/cm²
M-15 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.16 kn	3,075.42 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.71 kg/cm²
M-16 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.06 kn	3,065.22 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.67 kg/cm²
M-17 PAPEL	250 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	30.14 kn	3,073.38 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	12.70 kg/cm²

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

Donde:

- R : Resistencia a la Compresión del ladrillo
- P : Carga Máxima
- A : Área de la Superficie de Carga



**R PROMEDIO** 12.72 kg/cm²

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



Resultado del ensayo de resistencia bajo carga axial de ladrillos de papel con adición de 300 ml adhesivo sintético.



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA
NORMA:	BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA PARA MUROS Y TABIQUES - AFNOR XP P13-901
PROYECTO:	"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO HECHO CON PAPEL RECICLADO Y ADHESIVO SINTÉTICO, HUÁNUCO - 2024"
SOLICITA:	Bach. Elvis Afnet Marcos Silva
FECHA:	OCTUBRE DEL 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	ADHESIVO SINTÉTICO (ml)	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE ADOBE	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECIMENES				R
							Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Area (cm2)	
M-1 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.33 kn	3,194.72 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.20 kg/cm²
M-2 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.52 kn	3,214.09 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.28 kg/cm²
M-3 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.38 kn	3,199.82 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.22 kg/cm²
M-4 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.41 kn	3,202.88 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.24 kg/cm²
M-5 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.44 kn	3,205.94 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.25 kg/cm²
M-6 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.29 kn	3,190.64 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.18 kg/cm²
M-7 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.39 kn	3,200.84 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.23 kg/cm²
M-8 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.46 kn	3,207.98 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.26 kg/cm²
M-9 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.38 kn	3,199.82 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.22 kg/cm²
M-10 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.50 kn	3,212.06 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.27 kg/cm²
M-11 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.36 kn	3,197.78 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.21 kg/cm²
M-12 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.47 kn	3,209.00 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.26 kg/cm²
M-13 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.51 kn	3,213.07 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.28 kg/cm²
M-14 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.40 kn	3,201.86 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.23 kg/cm²
M-15 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.32 kn	3,193.70 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.20 kg/cm²
M-16 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.49 kn	3,211.04 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.27 kg/cm²
M-17 PAPEL	300 ml	09/09/2024	07/10/2024	28 días	31.37 kn	3,198.80 kg	11.000	22.000	9.500	242.000	13.22 kg/cm²

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

Donde:

- R: Resistencia a la Compresión del ladrillo
- P: Carga Máxima
- A: Área de la Superficie de Carga



R PROMEDIO 13.24 kg/cm²

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654

**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS.

*Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave*  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 216968

## ANEXO 3

### PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

