

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Efecto de la adición de fibras PET y mucilago de tuna en la resistencia a la compresión del bloque de tierra comprimida $F'_c=40.79 \text{ Kg/cm}^2$, Tomay Kichwa - Huánuco - 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Azado Claudio, Elvis Gerardo

ASESOR: Aguilar Alcantara, Leonel Marlo

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

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 de la construcción

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 ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71820510

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43415813

Grado/Título: Maestro en ingeniería civil con mención
en dirección de empresas de la construcción

Código ORCID: 0000-0002-0877-5922

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002- 5650-3745
2	Suarez Landauro, Reynaldo Favio	Maestro en gestión pública	22498065	0000-0002- 4641-3797
3	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001- 0745-5433



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
<http://www.udh.edu.pe>

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 13:45 horas del día viernes 25 de abril 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. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	PRESIDENTE
❖ MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO	SECRETARIO
❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA	VOCAL

Nombrados mediante RESOLUCIÓN No 0712-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET Y MUCÍLAGO DE TUNA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE DE TIERRACOMPRESIDA $F'C=40.79$ KG/CM², TOMAY KICHWA - HUÁNUCO -2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Elvis Gerardo AZADO CLAUDIO, 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 M y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 15:00 horas del día 25 del mes de abril del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

DNI: 70502371

ORCID: 0000-0002-5650-3745

PRESIDENTE

MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO

DNI: 22498065

ORCID: 0000-0002-4641-3797

SECRETARIO (A)

MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA

DNI: 73645168

ORCID: 0009-0001-0745-5433

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ELVIS GERARDO AZADO CLAUDIO, de la investigación titulada "Efecto de la adición de fibras PET y mucílago de tuna en la resistencia a la compresión del bloque de tierra comprimida $F'_c=40.79 \text{ Kg/cm}^2$, Tomay Kichwa - Huánuco -2024", con asesor(a) LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0171-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 17 % 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, 13 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

25. Elvis Gerardo Azado Claudio.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

7%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

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 mis abuelos, pilares de sabiduría y amor, cuyo esfuerzo y perseverancia ha sido una guía constante en mi vida. A ustedes, les debo mi gratitud eterna por haberme enseñado que los sueños se construyen con paciencia y dedicación.

A mis padres, por el aliento en cada paso de este camino, por creer en mí aún en los momentos más difíciles y por enseñarme el valor del trabajo honesto y la constancia. Su amor y confianza han sido la base sobre la que he cimentado este logro.

A mis hermanos, por motivarme a ser siempre mejor. Gracias por su cariño, por estar a mi lado y por recordarme que, en familia, todas las metas son posibles.

Este logro no es solo mío, es de cada uno de ustedes. A ustedes dedico con gratitud infinita este esfuerzo, con la certeza de que cada sacrificio ha valido la pena.

AGRADECIMIENTOS

Al culminar esta etapa importante en mi vida, brindar mi más sincero reconocimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible alcanzar este logro

Agradezco profundamente a mi asesor de tesis, por su orientación, paciencia y compromiso. Su guía constante y valiosas enseñanzas fueron fundamentales para alcanzar este objetivo, brindándome no solo conocimientos técnicos, sino también inspiración y confianza en cada paso del proceso.

A mis profesores de la Universidad de Huánuco, quienes durante estos años no solo impartieron conocimientos, sino que también me enseñaron a enfrentar los desafíos con ética, responsabilidad y pasión. Sus lecciones, tanto académicas como personales, permanecerán conmigo a lo largo de mi carrera profesional.

A la Universidad de Huánuco, por brindarme un espacio de formación integral y oportunidades que me permitieron crecer académica y profesionalmente, fomentando siempre la búsqueda del conocimiento y el desarrollo de habilidades para contribuir con la sociedad.

A mis colegas de aula, por ser compañeros en este camino lleno de desafíos. Juntos compartimos aprendizajes, frustraciones y alegrías, demostrando que el trabajo en equipo es clave para superar cualquier obstáculo.

A mis amigos, por su apoyo incondicional, por las palabras de aliento en los momentos difíciles y por ser una fuente constante de energía positiva. Gracias por estar siempre a mi lado, celebrando cada pequeño avance y brindándome la motivación necesaria para seguir adelante.

A todos ustedes, mi gratitud infinita. Este logro no es solo mío, sino de cada uno de ustedes que, de una u otra forma, aportaron en este proceso.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE 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 OBJETIVOS	17
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.5 LIMITACIONES	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	20
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	22
2.2 BASES TEÓRICAS	22

2.2.1 BLOQUE DE TIERRA COMPACTADA (BTC) O LADRILLOS DE TIERRA COMPACTADA	22
2.2.2 TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)	24
2.2.3 MUCILAGO DE TUNA O (EXTRACTO DE PALETA DE NOPAL)26	
2.2.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMPACTADO	27
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	28
2.4 HIPÓTESIS	30
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	30
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA	30
2.5 VARIABLES	31
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE.....	31
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	31
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	32
CAPÍTULO III	33
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.1.1 ENFOQUE	33
3.1.2 ALCANCE O NIVEL.....	34
3.1.3 DISEÑO	34
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	35
3.2.1 POBLACIÓN.....	35
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	58
3.6 ASPECTOS ÉTICOS.....	58

CAPÍTULO IV.....	59
RESULTADOS.....	59
4.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS	59
4.2 RESULTADOS INFERENCIALES.....	69
CAPÍTULO V.....	76
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	76
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXOS.....	85
MATRIZ DE CONSISTENCIA	86
INSTRUMENTOS DE RECOJO DE DATOS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades mecánicas del Polietileno Tereftalato	26
Tabla 2 Descripción de las muestras	36
Tabla 3 Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. BTC Diseño	59
Tabla 4 Medias de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. Diseño	60
Tabla 5 Resistencia a Compresión: BTC 0.5% PET + 10% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	61
Tabla 6 Medias de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. BTC 0.5% PET + 10% Nopal	62
Tabla 7 Resistencia a Compresión: BTC 0.8% PET + 20% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	63
Tabla 8 Medias de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. BTC 0.8% PET + 20% Nopal	64
Tabla 9 Resistencia a Compresión: BTC 1.1% PET + 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	65
Tabla 10 Medias de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. BTC 1.1% PET + 30% Nopal	66
Tabla 11 Resistencia a Compresión Promedio: BTC 0.5%, 0.8%, 1.1% PET + 10%, 20%, 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²)	67
Tabla 12 Medias de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. BTC con 0.5%, 0.8%, 1.1% PET + 10%, 20%, 30% Nopal.....	69
Tabla 13 Prueba de Normalidad: Resistencia a Compresión Promedio BTC con PET + Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	70
Tabla 14 Prueba Wilcoxon: Resistencia a Compresión Promedio BTC con PET + Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²)	70
Tabla 15 Prueba de Normalidad: Resistencia a Compresión BTC 0.5% PET + 10% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²)	71
Tabla 16 Prueba Wilcoxon: Resistencia a Compresión BTC 0.5% PET + 10% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	72
Tabla 17 Prueba de Normalidad: Resistencia a Compresión BTC 0.8% PET + 20% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²)	73
Tabla 18 Prueba Wilcoxon: Resistencia a Compresión BTC 0.8% PET + 20% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	73

Tabla 19 Prueba de Normalidad: Resistencia a Compresión BTC 1.1% PET + 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²)	74
Tabla 20 Prueba Wilcoxon: Resistencia a Compresión BTC 1.1% PET + 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Bloque de tierra comprimida	23
Figura 2 Extracción de la muestra de tierra	38
Figura 3 Recolección de las hojas de penca que se adicionaran a las muestras	38
Figura 4 Preparación de las hojas de penca.....	39
Figura 5 Obtención del mucílago de la penca.....	39
Figura 6 Pesaje de las muestras de suelos retenidas en el tamiz	40
Figura 7 Pesaje de la muestra de suelo pasante del tamiz N° 40.....	40
Figura 8 Pesaje de los plásticos PET	41
Figura 9 Pesaje del mucílago de penca.....	41
Figura 10 Pesaje de las adiciones de mucílago de penca	42
Figura 11 Golpes del suelo con la Casagrande	42
Figura 12 Vibrado manual de los tamices	43
Figura 13 Pesaje de las muestras de suelos retenidas en los tamices	43
Figura 14 Pesaje de la muestra de suelo pasante del tamiz N° 40.....	44
Figura 15 Preparación de la muestra de suelo para el ensayo de Casagrande	44
Figura 16 Llenado de muestra a la cuchara de Casagrande	45
Figura 17 Trazo de hendidura con el acanalador de bronce.....	45
Figura 18 Golpes del suelo con la Casagrande	46
Figura 19 Pesaje de la muestra después del ensayo de Casagrande	46
Figura 20 Pesaje de la muestra de Casagrande.....	47
Figura 21 Ensayo de límite plástico del suelo	47
Figura 22 Pesaje de las muestras elipsoides del suelo	48
Figura 23 Selección de tierra	48
Figura 24 Inclusión de cemento	49
Figura 25 Inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal	49
Figura 26 Premezclado en seco	50
Figura 27 Inclusión de la mezcla al trompo.....	50
Figura 28 Inclusión del agua a la mezcla.....	51
Figura 29 Inclusión de la mezcla de tierra a la máquina de ladrillos comprimido	51

Figura 30 Procedimiento de compresión del ladrillo	52
Figura 31 Desmoldeo de los ladrillos comprimidos.....	52
Figura 32 Muestras de los ladrillos comprimidos	53
Figura 33 Muestras de los ladrillos comprimidos	53
Figura 34 Ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra patrón.....	54
Figura 35 Rotura de los ladrillos de tierra comprimida patrón.....	54
Figura 36 Resistencia a compresión ladrillos de tierra comprimida con 0.5% de fibras PET y 10% de extracto de paleta de nopal	55
Figura 37 Rotura ladrillos de tierra comprimida con 0.5% de fibras PET y 10% de extracto de paleta de nopal.....	55
Figura 38 Resistencia a compresión ladrillos de tierra comprimida con 0.8% de fibras PET y 20% de extracto de paleta de nopal	56
Figura 39 Rotura ladrillos de tierra comprimida con 0.8% de fibras PET y 20% de extracto de paleta de nopal.....	56
Figura 40 Resistencia a compresión ladrillos de tierra comprimida con 1.1% de fibras PET y 30% de extracto de paleta de nopal	57
Figura 41 Rotura de los ladrillos de tierra comprimida con 1.1% de fibras PET y 30% de extracto de paleta de nopal.....	57
Figura 42 Comparación de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. Diseño (Kg/cm ²)	60
Figura 43 Comparación de Resistencia a Compresión: BTC 0.5% PET + 10% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	62
Figura 44 Comparación de Resistencia a Compresión: BTC 0.8% PET + 20% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	64
Figura 45 Comparación de Resistencia a Compresión: BTC 1.1% PET + 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	66
Figura 46 Comparación de Resistencia a Compresión Promedio: BTC 0.5%, 0.8%, 1.1% PET + 10%, 20%, 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm ²).....	68

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar los efectos de la inclusión de las fibras PET y el extracto de paleta de nopal en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada. 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 en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada cuando se les añadió fibras PET y extracto de paleta de nopal, alcanzando una resistencia de 73,76 kg/cm², superando a los bloques patrón sin dicha inclusión, que registraron 71,17 kg/cm². Este aumento fue corroborado mediante un análisis estadístico riguroso de Wilcoxon ($W=0,000<0,05$), confirmando que la inclusión de estos materiales tiene un impacto notable en la mejora de la resistencia de los bloques.

En conclusión, la inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal refuerza significativamente la resistencia de ladrillos de tierra compactada, proponiendo una solución sostenible y de bajo costo para la construcción con materiales locales. Estos hallazgos ofrecen una alternativa innovadora para la industria de la construcción, promoviendo el uso de materiales reciclados y naturales, y contribuyendo al desarrollo de prácticas constructivas más sostenibles. El estudio, además, amplía el conocimiento sobre técnicas de construcción con tierra, aportando valor a futuras investigaciones y proyectos de construcción ecológicos.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, fibras, PET, extracto de paleta de nopal, bloque de tierra comprimida.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effects of incorporating PET fibers and nopal paddle extract on the compressive strength of compacted earth bricks. Using a quantitative approach and a quasi-experimental design, samples were selected through non-probabilistic sampling for analysis.

The results showed a significant increase in the compressive strength of compacted earth bricks when PET fibers and nopal paddle extract were added, reaching a strength of 73.76 kg/cm², compared to the control blocks without these inclusions, which registered 71.17 kg/cm². This increase was confirmed through a rigorous Wilcoxon statistical analysis ($W=0.000<0.05$), demonstrating that the inclusion of these materials has a notable impact on improving the strength of the blocks.

In conclusion, the inclusion of PET fibers and nopal paddle extract significantly reinforces the strength of compacted earth bricks, offering a sustainable and cost-effective solution for construction with local materials. These findings provide an innovative alternative for the construction industry, promoting the use of recycled and natural materials and contributing to the development of more sustainable building practices. Furthermore, this study expands knowledge on earth construction techniques, adding value to future research and ecological construction projects.

Keywords: Compressive strength, fibers, PET, nopal paddle extract, compressed earth block.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la industria de la construcción ha experimentado una creciente necesidad de adoptar enfoques más sostenibles y responsables con el medio ambiente. Esto ha llevado a la búsqueda de alternativas que reduzcan el impacto ambiental asociado con la producción de materiales tradicionales como el cemento y el hormigón, los cuales generan importantes emisiones de dióxido de carbono.

En este contexto, los ladrillos de tierra compactada (BTC) han emergido como una opción viable para la construcción sostenible, aprovechando los recursos naturales locales y minimizando el uso de materiales industriales. Sin embargo, uno de los desafíos principales que enfrentan los BTC es su limitada resistencia a compresión en comparación con materiales convencionales, lo que ha impulsado la investigación para mejorar sus propiedades mecánicas mediante la inclusión de aditivos que refuercen su estructura.

En el Perú, especialmente en regiones rurales como Tomay Kichwa, Huánuco, la necesidad de soluciones constructivas sostenibles y de bajo costo es cada vez más apremiante. La construcción con tierra ha sido una práctica ancestral en estas zonas, debido a la disponibilidad de materiales locales y su bajo costo. Sin embargo, los ladrillos de tierra compactada (BTC), una de las formas más utilizadas, presentan desafíos en cuanto a su resistencia a la compresión, lo que limita su uso en edificaciones más duraderas y seguras. Ante esta problemática, surge la necesidad de explorar aditivos y refuerzos que mejoren las propiedades mecánicas de los BTC sin perder su carácter ecológico ni incrementar significativamente su costo.

El presente estudio responde a esta necesidad, explorando el uso de materiales reciclados y naturales como las fibras de tereftalato de polietileno (PET) y el extracto de paleta de nopal. Las fibras PET, obtenidas de botellas plásticas recicladas, ofrecen una solución sostenible al problema de la acumulación de residuos plásticos, mientras que el extracto de paleta de nopal, un biopolímero extraído de la planta *Opuntia ficus-indica*, ha sido reconocido por sus propiedades aglutinantes y su capacidad para mejorar la

cohesión en materiales de construcción. La combinación de estos dos materiales tiene el potencial de incrementar la resistencia de los BTC sin recurrir a aditivos industriales costosos o contaminantes.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El bloque de tierra comprimida, conocido como BTC por sus siglas en inglés (Compressed Earth Block), es un material de construcción sustentable y alternativo elaborado mediante la combinación de tierra con un agente estabilizante, como cal, cemento o arcilla. Esta mezcla se compacta y da forma mediante una prensa mecánica o manual, generando bloques robustos y de larga durabilidad (Huamani y Enciso, 2022).

En el contexto de Tomay Kichwa, una localidad ubicada en la región de Huánuco, la construcción con ladrillos de tierra compactada ha emergido como una práctica en evolución. Aunque tradicionalmente no ha sido la elección predominante, la creciente conciencia de la importancia de la sostenibilidad y la disponibilidad local de materiales ha motivado la adopción de esta técnica constructiva. Sin embargo, se enfrenta a desafíos significativos relacionados con la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada.

El presente estudio, surge ante la necesidad de mejorar las propiedades mecánicas de estos bloques, a pesar de no ser una práctica de construcción tradicional en la zona. La introducción de dos elementos específicos, las fibras PET y el extracto de paleta de nopal, se presenta como una estrategia innovadora para fortalecer los bloques y, por ende, mejorar la durabilidad de las construcciones locales.

La falta de investigaciones previas en esta área específica de Tomay Kichwa plantea interrogantes cruciales sobre el impacto de la inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada en un contexto no tradicional. Esta laguna de conocimiento motiva la presente indagación, que se propone llenar este vacío y brindar información esencial que pueda respaldar de manera significativa las prácticas constructivas en la comunidad.

La elección de llevar a cabo esta investigación en el año 2024 es estratégica, considerando el creciente interés global en métodos de construcción sostenibles y la urgencia de encontrar soluciones adaptadas a entornos locales. Además, la aplicación de estos métodos innovadores en Tomay Kichwa no solo puede influir en las prácticas locales, sino que también puede servir como un modelo para otras comunidades con características similares que buscan mejorar la resistencia y durabilidad de sus construcciones mediante el uso de recursos locales y sostenibles. Este estudio aspira a contribuir no sólo al conocimiento local y regional, sino también al panorama más amplio de la construcción sostenible en contextos no tradicionales.

La elección de la norma colombiana NTC 5324 ha sido debido a que en la normativa peruana no existe norma sobre los ladrillos de tierra compactada, si existe norma sobre adobes y tapial que es la norma E.080 pero ello en ninguna de sus partes menciona sobre los ladrillos de tierra compactada.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

PG: ¿Cuál es el efecto de la inclusión de fibras PET y mucilago de tuna en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada $f'_c=40,79 \text{ Kg/cm}^2$ en Tomay Kichwa, Huánuco - 2024?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

PE1: ¿Cómo afecta la inclusión de un 0,5% en peso de fibras PET al cemento y un 10% de mucilago de tuna en lugar de agua en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada?

PE2: ¿Cómo afecta la inclusión de un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y un 20% de mucilago de tuna en lugar de agua en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada?

PE3: ¿Cómo afecta la inclusión de un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y un 30% de mucilago de tuna en lugar de agua en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

OG: Determinar el efecto de la inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada $f'_c=40,79 \text{ Kg/cm}^2$ en Tomay Kichwa, Huánuco - 2024.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Determinar el efecto de la inclusión de un 0,5% en peso de fibras PET al cemento y la sustitución del 10% de agua por extracto de paleta de nopal en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

OE2: Determinar el efecto de la inclusión de un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y la sustitución del 20% de agua por extracto de paleta de nopal en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

OE3: Determinar el efecto de la inclusión de un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y la sustitución del 30% de agua por extracto de paleta de nopal en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Desde una perspectiva teórica, la investigación se justifica al contribuir al conocimiento existente en el campo de la construcción sostenible y las propiedades mecánicas de los materiales de construcción. La inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal se basa en principios científicos que sugieren mejoras en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada. Al explorar y comprender

cómo estas adiciones específicas interactúan con la matriz de tierra comprimida a nivel microestructural, se puede avanzar en la teoría subyacente a la construcción sostenible.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Desde un enfoque práctico, la investigación se justifica por la necesidad inminente de mejorar las propiedades de ladrillos de tierra compactada utilizados en la construcción local. La práctica de la construcción con ladrillos de tierra compactada es nueva en Tomay Kichwa, pero se enfrenta a desafíos relacionados con la resistencia a la compresión. La inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal se presenta como una oportunidad práctica para fortalecer estos bloques y, por ende, mejorar la durabilidad de las estructuras locales.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Desde una perspectiva metodológica, la investigación se justifica por la aplicación rigurosa de métodos científicos para evaluar el impacto de las fibras PET y el extracto de paleta de nopal en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada. El diseño experimental, que incluye la medición precisa de variables y la comparación con grupos de control, garantiza la validez y la confiabilidad de los resultados.

1.5 LIMITACIONES

La calidad y composición de los materiales naturales, como el extracto de paleta de nopal y las fibras PET, pueden variar, lo que podría introducir cierta inconsistencia en los resultados. La variabilidad inherente en estos materiales podría ser una limitación importante.

Diversos factores externos, como la habilidad del personal de construcción o las condiciones específicas de cada bloque durante el proceso de fabricación, podrían influir en los resultados finales y constituir una limitación a la generalización de los hallazgos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Rotondaro et al. (2020), la investigación tuvo como objetivo estabilizar y reforzar un material económico y sustentable para la construcción, como la tierra comprimida, mediante un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y con un diseño experimental. Los resultados indican, con un 95% de confianza, que la resistencia promedio a compresión de todas las muestras estabilizadas con cal, sin importar el porcentaje utilizado, es estadísticamente similar a la de los ladrillos de tierra compactada sin estabilizar. En contraste, las muestras tratadas con cemento mostraron variaciones significativas según la cantidad utilizada. Los bloques con 2.5% y 5% de cemento alcanzaron resistencias de 0.81 MPa y 1.39 MPa, respectivamente, mientras que aquellos con 10% y 15% de cemento obtuvieron valores de resistencia similares entre sí, pero superiores a los anteriores, con 5.09 MPa y 6.08 MPa, respectivamente. La mayor resistencia media a la compresión se observó en la serie estabilizada con un 20% de cemento, alcanzando 7.43 MPa. En conclusión, la inclusión de cemento mejora notablemente la resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra compactada en comparación con los estabilizados con cal.

Cabrera et al. (2020), en su investigación su objetivo fue evaluar tanto el impacto ambiental como la resistencia a compresión de Ladrillos de tierra compactada (BTC) estabilizados mediante la inclusión de cal y cemento, con el objetivo de determinar su idoneidad como material de construcción sostenible. La investigación ha empleado un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada con un diseño experimental. Teniendo como resultados revelaron que los BTC con un contenido del 5% y 10% de cemento Portland exhibieron una resistencia a compresión adecuada para su aplicación en muros de carga, mientras que la inclusión de cal

aérea no influyó significativamente en la resistencia, pero sí en la durabilidad. En cuanto al impacto ambiental, se observó que la cal aérea tiene un mayor impacto en comparación con el cemento Portland, y que los BTC con un 5% de cemento Portland presentan un impacto ambiental menor que los bloques de arcilla cocida. Como conclusión, se destacó que los BTC estabilizados con un contenido de cemento Portland entre el 5% y 10% representan una alternativa viable para la construcción de muros de carga, con un menor impacto ambiental en comparación con los bloques de arcilla cocida. Además, se señaló que la cal aérea puede mejorar la durabilidad de los BTC, aunque se debe considerar su mayor impacto ambiental al utilizarla.

Cañola et al. (2018), el objetivo principal de esta investigación fue evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de tierra compactada con la inclusión de emulsiones asfálticas en frío en diferentes proporciones (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) con respecto al peso del agua. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y un diseño experimental. Los resultados indicaron que la proporción óptima de emulsión asfáltica para la fabricación de ladrillos de tierra compactada (BTC) es del 50%, ya que permite alcanzar una resistencia a la compresión de 2.3 MPa y un coeficiente de absorción capilar de $0.027 \text{ kg/s}^{1/2} \text{ m}^2$, manteniendo condiciones aceptables sin ser completamente hidrófugos. Sin embargo, al incrementar la emulsión al 75%, la resistencia a la compresión disminuye en un 9% y el coeficiente de absorción capilar se reduce en un 4%. En conclusión, el uso de emulsiones asfálticas podría ser una alternativa viable para la producción de ladrillos de tierra compactada en aplicaciones que no requieran altas resistencias mecánicas.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Aragon (2022) tuvo como objetivo optimizar las propiedades mecánicas de las unidades de adobe producidas en el Valle del Colca y evaluar si estas mejoras se traducen en una mayor calidad de las estructuras de albañilería, específicamente en los muros construidos con

estos ladrillos. Los resultados mostraron que la inclusión de fibras de polipropileno incrementó la resistencia de la unidad en un 59% y la resistencia del murete en un 51%, evidenciando que las mejoras en las propiedades del ladrillo se reflejan de manera casi proporcional en la albañilería. En contraste, el uso de quitosano redujo la resistencia de la unidad en un 10% y la del murete en un 64%, lo que sugiere que las mejoras obtenidas en las probetas estabilizadas con quitosano no se trasladan a la estructura, debido a su impacto negativo en el proceso de hidratación del adobe.

Rojas (2021) se centró en evaluar el impacto de la inclusión de emulsión asfáltica (RC-250) en las propiedades físico mecánicas de ladrillos de tierra compactada, con el objetivo de determinar sus efectos en la resistencia a la compresión, flexión y absorción, comparándolos con bloques en su estado natural. Los resultados evidenciaron que la inclusión de un 4% de emulsión asfáltica permitió alcanzar una resistencia a la compresión de 38.85 kg/cm² un aumento del 126.51% respecto a los bloques naturales y una resistencia a la flexión de 10.33 kg/cm², incrementándose en un 44.90% en comparación con los bloques sin estabilizar. No obstante, se observó que los bloques no resistieron la inmersión en agua durante 24 horas en cuanto a absorción. En conclusión, la emulsión asfáltica mejora de manera significativa las propiedades mecánicas de los ladrillos de tierra compactada, aunque se requiere profundizar en investigaciones futuras para abordar los desafíos relacionados con la absorción de agua.

Cabrera y Tello (2021) se centraron en evaluar las propiedades mecánicas de los ladrillos de tierra compactada (BTC) estabilizados con cemento y reforzados con fibra de bagazo de caña de azúcar, con el objetivo de determinar el impacto de estas mejoras en la resistencia a compresión y a flexión de bloques. Los resultados indicaron que la inclusión de fibra natural, combinada con la estabilización mediante cemento, elevó significativamente tanto la resistencia a compresión como a flexión de BTC. En conclusión, se destaca que la inclusión de

fibra de bagazo de caña, junto con el uso de cemento como estabilizador, contribuye de manera sustancial al fortalecimiento de las características mecánicas de los ladrillos de tierra compactada, ofreciendo una alternativa viable y eficiente para su aplicación en construcciones.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Díaz (2021) tuvo como propósito principal evaluar la resistencia a la compresión de unidades de adobe compactado al incorporar aditivos impermeabilizantes Perma-Zyme, utilizando un enfoque cuantitativo y un diseño experimental. Los resultados mostraron que la inclusión de cal en proporciones de 1%, 2% y 3%, junto con fibras de caucho en 0.5%, 1% y 1.5%, incrementó la resistencia a compresión a 17.10 kg/cm², 19.93 kg/cm² y 24.11 kg/cm², respectivamente, lo que representa un aumento del 71.91% en comparación con la muestra de referencia, que obtuvo una resistencia de 14.29 kg/cm². En conclusión, el estudio evidenció que la inclusión de los aditivos impermeabilizantes Perma-Zyme en el adobe compactado no solo mejora notablemente su resistencia a compresión, sino que también permite alcanzar valores superiores a los establecidos en la norma técnica de edificaciones E.080.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 BLOQUE DE TIERRA COMPACTADA (BTC) O LADRILLOS DE TIERRA COMPACTADA

Conocidos como bloques de tierra estabilizada o adobes comprimidos, son unidades de construcción fabricadas mediante la compactación de tierra cruda mezclada con estabilizantes naturales o químicos. Estos bloques ofrecen una alternativa sostenible y económica a los materiales de construcción convencionales (Zabalza y Aranda, 2011).

La utilización de BTC presenta diversas ventajas, entre las cuales se destacan su bajo consumo de energía en el proceso de construcción, la ausencia de contaminación asociada a su elaboración y,

principalmente, la posibilidad de utilizar el suelo existente en el lugar donde se lleva a cabo el proyecto (Huamani Rojas y Enciso Castro, 2022).

Características geométricas de los ladrillos de tierra compactada

Existen diversas dimensiones para los bloques, siendo las más habituales las de tipo A y B con medidas de 29 x 14 x 9 cm y 39 x 14 x 9 cm respectivamente, tal como establece la NTC 5324. No obstante, el tamaño varía en función del molde empleado y de la maquinaria disponible. Estos bloques son versátiles y pueden emplearse en diversas aplicaciones como construcciones de albañilería, fachadas a la vista o recubiertas, muros estructurales y de relleno, así como en obras de mampostería y divisiones interiores (NTC 5324, 2004).

Es importante tener en cuenta que la norma también establece tolerancias dimensionales para los bloques. Estas tolerancias son de ± 2 mm para el largo, ± 1 mm para el ancho y ± 1 mm para el alto.

Figura 1

Bloque de tierra comprimida



Nota. Bloque de tierra comprimida. Fuente: (Oskam VF, 2022)

Materiales y Composición:

Los ladrillos de tierra compactada suelen estar compuestos principalmente de tierra cruda, que es excavada localmente. Esta tierra puede contener arcilla, limo, arena y otros componentes. Se añaden estabilizantes para mejorar las propiedades y durabilidad de los bloques. Estos estabilizantes pueden ser naturales, como la cal, o químicos, como el cemento (Cabrera y Tello, 2021).

Proceso de Fabricación:

La metodología empleada en la producción de BTC es bastante elemental. Implica tener el suelo preparado, un molde con la forma y dimensiones deseadas para el bloque, una tapa para el molde operada mediante una palanca que comprime el material dentro del molde y, al mismo tiempo, expulsa el bloque una vez que ha sido compactado (Huamani y Enciso, 2022).

Implica mezclar la tierra cruda con el estabilizante y agua para formar una mezcla homogénea. Esta mezcla se coloca en moldes y se compacta mediante presión, ya sea manualmente o mediante máquinas especializadas, para lograr la cohesión y resistencia requeridas. Los bloques se dejan secar al aire o en secadores, dependiendo de las condiciones climáticas y del método de fabricación (Iano et al., 2022).

2.2.2 TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)

El polietileno tereftalato (PET, por su nombre en inglés Polyethylene Terephthalate) es un material termoplástico que se emplea extensamente en la producción de envases, textiles y diversos artículos. (Cervera Fantoni, 2003).

Composición Química:

El PET es un polímero que forma parte de la familia de los poliésteres y está compuesto por un 13% de aire, un 23% de líquidos procedentes del gas natural y un 64% de petróleo. Se caracteriza por su gran resistencia mecánica y rápida recuperación ante la compresión, además de conservar el sabor y aroma de los alimentos. Su capacidad de ser completamente reciclado y reutilizado ha contribuido a que sustituya a otros materiales en diversas aplicaciones (Cruz y Leiva, 2021).

Proceso de Fabricación:

Implica la polimerización del tereftalato de etileno, que se obtiene a partir de ácido tereftálico y etilenglicol. Este proceso suele llevarse a cabo mediante policondensación, formando cadenas largas de polímero (Sánchez, 2003).

Propiedades físicas:

El PET es reconocido por sus propiedades físicas positivas, como su transparencia, resistencia al impacto y rigidez. Estas características lo convierten en un material utilizado en envases transparentes, como botellas de bebidas y envases de alimentos (Beretta, 2008). En líneas generales, presenta notables atributos como su alta resistencia en proporción a su densidad, capacidad para resistir ácidos, álcalis y disolventes, así como propiedades de aislamiento eléctrico y térmico (Cruz y Leiva, 2021).

Asimismo, posee cualidades particulares, como un excelente desempeño ante cargas constantes, alta resistencia al desgaste, un coeficiente óptimo para el deslizamiento, gran estabilidad química y adecuadas propiedades térmicas (Martínez Barrera, 2015).

Propiedades Mecánicas:

El PET exhibe una alta resistencia mecánica, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde se requiere un material robusto y duradero. Esta resistencia contribuye a la integridad estructural de los

envases y otros productos fabricados con PET (Callister y Rethwisch, 2019).

Tabla 1

Propiedades mecánicas del Polietileno Tereftalato

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Alargamiento a rotura	15 %
Resistencia a flexión	140 Kg/cm ²
Resistencia a tracción	825 Kg/cm ²
Módulo de elasticidad(tracción)	28550 Kg/cm ²
Peso específico	134 G/cm ³

Nota. Propiedades mecánicas del Tereftalato Polietileno. Fuente: (Plásticos Brello, 2022).

2.2.3 MUCILAGO DE TUNA O (EXTRACTO DE PALETA DE NOPAL)

Sustancia viscosa y gelatinosa que se encuentra en el interior de las hojas de la planta de nopal (*Opuntia ficus-indica*), también conocida como tuna o higuera de pala. Este mucílago tiene diversas aplicaciones debido a sus propiedades beneficiosas (Sáenz y Berger, 2006).

Composición Química:

El extracto de paleta de nopal está compuesto principalmente por agua, fibras solubles, polisacáridos, pectinas, mucílago y otros compuestos orgánicos.

Los polisacáridos presentes en el mucílago, como la arabinosa y la galactosa, contribuyen a sus propiedades viscosas (Jiménez Fernández, 2014).

Propiedades Gelificantes:

El extracto de paleta de nopal tiene la capacidad de formar geles debido a sus propiedades coloidales. Esto significa que puede retener agua y formar una matriz gelatinosa. Esta propiedad gelificante lo hace

útil en aplicaciones alimenticias y farmacéuticas, donde se busca estabilizar y espesar productos (Arias, 2003).

2.2.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMPACTADO

Es una propiedad mecánica que evalúa la capacidad de un material para soportar fuerzas aplicadas en dirección opuesta que tienden a comprimir o reducir su volumen. En otras palabras, mide la capacidad de un material para resistir la compresión o el acortamiento cuando se le aplica una carga axial (Ortega Hilario, 2022).

Se requiere evaluar la resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra compactada y los diversos factores que inciden en sus propiedades mecánicas. Asimismo, para cumplir con nuestros objetivos, es crucial aplicar la normativa NTC 5324:2004, que proporciona un método de ensayo para medir la resistencia a la compresión en este tipo de bloques (NTC 5324, 2004).

Ensayo de resistencia a la compresión

La norma NTC 5324 menciona que se inicia el ensayo seleccionando aleatoriamente los bloques de tierra compactada, verificando las dimensiones para garantizar el cumplimiento con la norma. Continuamos con la limpieza de las superficies en contacto con las placas de la máquina de ensayo, y el acondicionamiento de las muestras a una temperatura de 23 ± 2 °C y una humedad relativa del 50 ± 5 %.

Durante el procedimiento de ensayo, la muestra se posiciona en la máquina de ensayo, asegurándose de que esté centrada entre las placas de compresión. Se aplica una carga de compresión a una velocidad constante de 2 mm/min, y se registra la carga máxima que la muestra puede soportar antes de experimentar un fallo.

Luego la resistencia a compresión (R_c) se calcula dividiendo la carga máxima (F) por el área de la superficie de contacto (A) entre la muestra y las placas de la máquina de ensayo:

$$R_c = F / A$$

De acuerdo con la norma NTC 5324, se especifican los valores mínimos de resistencia a compresión para los ladrillos de tierra compactada como 4 MPa para el Tipo A y 3 MPa para el Tipo B.

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Arcilla: Tipo de suelo o material terroso formado principalmente por partículas minerales muy finas, originadas de la descomposición de rocas y minerales (Clerici Rusconi & Prandoni, 2021).

Limo: Sedimento formado por partículas minerales finas, principalmente arcilla y arena, con un tamaño de partícula intermedio entre ellos (Thompson y Troeh, 2021).

Estabilizantes: Sustancias que se utilizan para mejorar o mantener las propiedades de un sistema, sustancia o material en una condición más constante o equilibrada (Elmadfa et al., 2011).

Cohesión: La cohesión se refiere a la propiedad de ciertos materiales o sustancias para mantenerse unidos o adherirse entre sí (Sastre y Muñoz, 2011).

Poliéster: Un poliéster es un polímero que se forma a partir de la polimerización de ésteres (García Jiménez et al., 2009).

Polimerización: Proceso químico en el que monómeros (moléculas pequeñas y simples) se unen para formar polímeros (moléculas más grandes y complejas) mediante enlaces químicos (Polo Cerón et al., 2010).

Ácido tereftálico: Es una sustancia química que forma parte de la familia de los ácidos carboxílicos (Seymour & Carraher, 2021).

Etilenglicol: El etilenglicol es un compuesto químico perteneciente a los glicoles. Utilizado como componente principal en líquidos anticongelantes para automóviles y sistemas de calefacción (Beyer y Walter, 2020).

Policondensación: Proceso químico en el que dos o más monómeros con grupos funcionales reactivos se unen, liberando una molécula pequeña, como agua u otro compuesto volátil (Matteini y Moles, 2001).

Polímero: Es una macromolécula formada por la repetición de unidades más pequeñas conocidas como monómeros (Billmeyer, 2020).

Álcali: Un álcali es una sustancia química que exhibe propiedades básicas cuando se disuelve en agua. Estas sustancias son capaces de neutralizar ácidos y tienen un sabor amargo y una sensación resbaladiza al tacto (Billmeyer, 2020).

Disolventes: Los disolventes, también conocidos como solventes, son sustancias con la capacidad de disolver otras sustancias, formando una mezcla homogénea (Durst, 2021).

Fibras solubles: Las fibras solubles son un tipo de fibra dietética que tiene la capacidad de disolverse en agua. Estas fibras forman un gel viscoso o espeso cuando se mezclan con líquidos (Ruiz López, 2010).

Polisacáridos: Compuestas por la unión de varios monosacáridos (azúcares simples) a través de enlaces glucosídicos, desempeñando roles clave en el almacenamiento y la liberación de energía, la estructura celular y otras funciones biológicas en los organismos vivos (Álvarez Blanco, 2006).

Pectinas: Fibra soluble y están compuestas principalmente por unidades de azúcares y que desempeñan un papel crucial en la estructura y la textura de frutas y verduras (Boatella Riera, 2004).

Arabinosa. Monosacárido, es decir, un tipo de azúcar simple que no se descompone en azúcares más pequeños durante la digestión y es utilizada a veces como edulcorante y como componente en la producción de alimentos y bebidas (Jenkins, 2014).

Galactosa: Monosacárido, es decir, un tipo de azúcar simple que no se descompone en azúcares más pequeños durante la digestión y se encuentra naturalmente en productos lácteos, frutas y verduras (Berg et al., 2007).

Carga axial: Carga aplicada en línea recta a lo largo del eje longitudinal de un elemento estructural, como una columna o un miembro. En otras palabras, la carga se aplica directamente en el centro del elemento y sigue la dirección de su eje longitudinal (Hibbeler, 2006).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

HG: La inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal tienen un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada $f'_c=40,79 \text{ Kg/cm}^2$ en Tomay Kichwa, Huánuco - 2024.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

HE1: La inclusión de un 0,5% en peso de fibras PET al cemento y un 10% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

HE2: La inclusión de un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y un 20% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

HE3: La inclusión de un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y un 30% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Resistencia a la compresión de bloques de tierra compactada o ladrillos de tierra compactada.

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Fibras de tereftalato de polietileno (PET) y extracto de paleta de nopal.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	ESPECIFICACIONES
INDEPENDIENTE: Fibras de tereftalato de polietileno y Mucilago de tuna o nopal	Mucilago de tuna o nopal se refiere a la sustancia viscosa y gelatinosa que se encuentra en el interior de las hojas de la planta de nopal también conocida como tuna o higuera de pala (Sáenz & Berger, 2006).	La cantidad a incorporar será medida mediante una balanza electrónica calibrada. Es importante destacar que el peso del PET dependerá del peso del cemento, mientras que el peso del extracto de paleta de nopal estará vinculado al peso del agua.	Inclusión de 0.5%, 0.8% y 1,1% de fibras PET y 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua (Kg).	Granulometría	%	NTC 5324
	El tereftalato de polietileno es un polímero termoplástico ampliamente utilizado en la fabricación de envases, fibras textiles y otros productos (Cervera, 2003).			Absorción Peso específico Peso unitario y vacíos Humedad	% % Kg/cm3 Kg/cm3 %	
DEPENDIENTE: Resistencia a la compresión de bloques de tierra compactada o ladrillo de tierra compactada $f'c=40,79 \text{ Kg/cm}^2$.	La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica que evalúa la capacidad de un material para soportar fuerzas aplicadas en dirección opuesta que tienden a comprimir o reducir su volumen. Nuestro ensayo para determinar la resistencia a la compresión estará alineado a la normativa NTC 5324.	La determinación de la resistencia a la compresión se realizará a través de la ejecución de un ensayo en un laboratorio. La herramienta instrumental empleada para este ensayo será una prensa hidráulica.	Resistencia a la compresión del BTC con inclusión de 0.5%, 0.8% y 1,1% de fibras PET y 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua (kg/cm2).	Propiedades físicas	Selección de la tierra Elaboración de las probetas Densidad	NTC 5324
				Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión.	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación aplicada se caracteriza como una rama de la investigación científica que se dedica a la aplicación directa de los conocimientos y hallazgos adquiridos. En contraposición a la investigación básica, que se enfoca en la creación de conocimiento teórico sin una aplicación inmediata, la investigación aplicada se concentra principalmente en abordar problemas específicos o cubrir necesidades prácticas en campos como la tecnología, la industria, la medicina y la ingeniería (Pino Gotuzzo, 2018).

Si los resultados de la investigación confirman la hipótesis de que la inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal mejora la resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra compactada en Tomay Kichwa, se recomendará la implementación de estas fibras en la elaboración de dichos bloques.

3.1.1 ENFOQUE

La metodología cuantitativa se centra en la recolección y análisis de datos numéricos con el fin de entender fenómenos, identificar patrones y hacer inferencias. Este enfoque implica el uso de métodos cuantitativos para medir y cuantificar variables, seguido del análisis estadístico de los datos obtenidos. El propósito principal de esta metodología es lograr objetividad, generalización y la posibilidad de replicar los resultados de la investigación (Hernández, 2018).

En la investigación los datos numéricos que serán objeto de análisis será la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada con inclusión en distintas proporciones de fibras PET y extracto de paleta de nopal.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

El nivel explicativo se enfoca en entender las relaciones causales entre variables. El objetivo principal es determinar las razones detrás de un fenómeno o identificar los factores subyacentes que explican las conexiones observadas. Se pretende establecer vínculos causales y comprender los mecanismos que unen las variables en estudio. Este nivel involucra la creación de hipótesis causales y el uso de análisis estadísticos más complejos para validar estas relaciones (Hernández, 2018).

La investigación busca comprender cómo se comporta la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada que es una variable dependiente cuando se adiciona en distintas proporciones fibras PET y extracto de paleta de nopal que en este caso estos dos componentes sería la variable independiente.

3.1.3 DISEÑO

Un diseño cuasi experimental es similar a un experimento tradicional, pero no cumple con todos los requisitos estrictos. El investigador no tiene control total sobre la asignación de participantes a grupos, debido a limitaciones éticas, logísticas o prácticas. A pesar de estas restricciones, permite evaluar relaciones causales entre variables. Es útil en situaciones donde un experimento completamente controlado no es viable. Se utiliza para obtener resultados válidos en condiciones menos controladas (Carrasco, 2015).

En nuestro caso, se ha elegido un método de muestreo no aleatorio, lo que significa que los grupos de análisis se definirán de forma predeterminada antes de llevar a cabo el 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: Muestras de ladrillos de tierra compactada que incorporan fibras de PET en proporciones relativas al peso del cemento, específicamente en porcentajes de 0,5%, 0,8% y 1,1% y la inclusión de extracto de paleta de nopal en porcentajes relativos al contenido de agua, siendo estos del 10%, 20% y 30%.

GR4: Muestras de ladrillos de tierra compactada que no contienen la inclusión de fibras de PET ni la inclusión de extracto de paleta de nopal.

X1, X2 y X3: Intervención de la variable independiente (Incorporan fibras de PET en proporciones relativas al peso del cemento, específicamente en porcentajes de 0,5%, 0,8% y 1,1% y la inclusión de extracto de paleta de nopal en porcentajes relativos al contenido de agua, siendo estos del 10%, 20% y 30%).

R1, R2 y R3: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra compactada con incorporar fibras de PET en proporciones relativas al peso del cemento, en porcentajes de 0,5%, 0,8% y 1,1% y la inclusión de extracto de paleta de nopal en porcentajes relativos al contenido de agua, siendo estos del 10%, 20% y 30%.

R4: Resultados del ensayo resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada que no contienen la inclusión de fibras de PET ni la inclusión de extracto de paleta de nopal.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población en una investigación es el conjunto total de elementos o individuos que comparten características comunes y que son el objeto de estudio. El tamaño y la extensión de esta población pueden variar dependiendo de los objetivos de la investigación. En algunos casos, la población puede ser demasiado grande como para recopilar datos de

todos sus elementos. En estas situaciones, se recurre a muestras representativas que permitan obtener información válida y generalizable sobre la población completa (Quezada Lucio, 2010).

La investigación se realizará con una población de 72 especímenes, divididos en tres grupos de 18 especímenes cada uno y un grupo control sin intervenir. Cada grupo tendrá una proporción diferente de fibras PET y extracto de paleta de nopal, lo que permitirá estudiar el efecto de estas variables en la resistencia a la compresión del bloque de tierra comprimida.

3.2.2 MUESTRA

La muestra no probabilística se distingue de la probabilística por su enfoque en la selección de participantes, donde no se emplea la aleatoriedad, lo que implica que no todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos. Existen varios métodos de selección en la muestra no probabilística. El muestreo por conveniencia implica elegir participantes que son fácilmente accesibles, mientras que el muestreo intencional se basa en la selección de participantes según características específicas predefinidas (Quezada Lucio, 2010).

A continuación, se detalla la distribución de las muestras para la investigación:

Tabla 2

Descripción de las muestras

MUESTRAS DESTINADAS A PRUEBAS DE COMPRESIÓN	CANTIDAD DE MUESTRAS
Bloques de tierra compactada elaborados según la norma colombiana NTC 5324.	18
Bloques de tierra compactada con inclusión de un 0,5% en peso de fibras PET al cemento y un 10% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua.	18
Bloques de tierra compactada con inclusión de un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y un 20% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua.	18

Bloques de tierra compactada con inclusión de un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y un 30% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua.	18
TOTAL=	72

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se aplicó un enfoque cuantitativo a través de un diseño cuasi experimental, utilizando técnicas de laboratorio para la elaboración de ladrillos de tierra compactada en los cuales se incorporaron fibras PET y extracto de paleta de nopal, sometiéndolos a ensayos de resistencia a la compresión con equipos calibrados y siguiendo protocolos estandarizados. La recolección de datos se efectuó mediante un muestreo no probabilístico, seleccionando muestras representativas de bloques tanto modificados como de control, lo que permitió registrar de manera sistemática las variaciones en la resistencia a compresión. Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos aplicando la prueba estadística de Wilcoxon para validar el impacto de la inclusión de estos materiales, garantizando la rigurosidad y confiabilidad de los datos recopilados.

3.4 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

En la investigación, se utilizó la observación directa como método de recolección de datos, lo que facilitó la obtención de información precisa sobre las variables en estudio. En este marco, se fabricaron ladrillos de tierra compactada con la inclusión de fibras de PET y extracto de paleta de nopal. Las proporciones consideradas fueron de 0,5%, 0,8% y 1,1% de fibras de PET, así como de 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal, generando un total de 18 muestras para cada nivel de inclusión, además de las muestras de control sin estas incorporaciones. Los bloques, con dimensiones de 22 cm x 22 cm x 9,5 cm, fueron sometidos a pruebas de compresión, alcanzando un total de 18 muestras por cada porcentaje de inclusión. Todas las muestras fueron debidamente identificadas y el proceso experimental fue documentado mediante fotografías para asegurar una mejor comprensión del procedimiento.

Figura 2

Extracción de la muestra de tierra



Figura 3

Recolección de las hojas de penca que se adicionaran a las muestras



Figura 4

Preparación de las hojas de penca



Figura 5

Obtención del mucílago de la penca



Figura 6

Pesaje de las muestras de suelos retenidas en el tamiz



Figura 7

Pesaje de la muestra de suelo pasante del tamiz N° 40



Figura 8

Pesaje de los plásticos PET



Figura 9

Pesaje del mucílago de penca



Figura 10

Pesaje de las adiciones de mucílago de penca

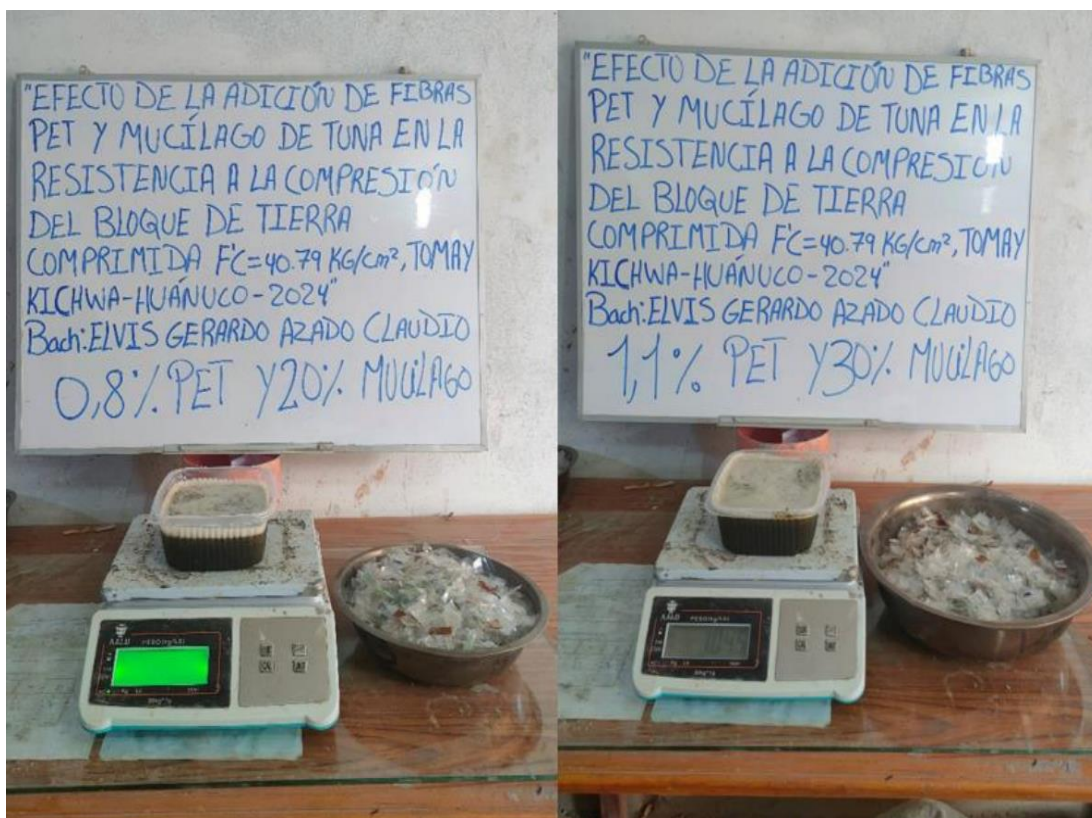


Figura 11

Golpes del suelo con la Casagrande



Figura 12

Vibrado manual de los tamices



Figura 13

Pesaje de las muestras de suelos retenidas en los tamices



Figura 14

Pesaje de la muestra de suelo pasante del tamiz N° 40



Figura 15

Preparación de la muestra de suelo para el ensayo de Casagrande



Figura 16

Llenado de muestra a la cuchara de Casagrande



Figura 17

Trazo de hendidura con el acanalador de bronce



Figura 18

Golpes del suelo con la Casagrande



Figura 19

Pesaje de la muestra después del ensayo de Casagrande



Figura 20

Pesaje de la muestra de Casagrande



Figura 21

Ensayo de límite plástico del suelo



Figura 22

Pesaje de las muestras elipsoides del suelo



Figura 23

Selección de tierra



Figura 24

Inclusión de cemento



Figura 25

Inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal



Figura 26

Premezclado en seco



Figura 27

Inclusión de la mezcla al trompo



Figura 28

Inclusión del agua a la mezcla



Figura 29

Inclusión de la mezcla de tierra a la máquina de ladrillos comprimidos



Figura 30

Procedimiento de compresión del ladrillo



Figura 31

Desmoldeo de los ladrillos comprimidos



Figura 32

Muestras de los ladrillos comprimidos



Figura 33

Muestras de los ladrillos comprimidos



Figura 34

Ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra patrón



Figura 35

Rotura de los ladrillos de tierra comprimida patrón



Figura 36

Resistencia a compresión ladrillos de tierra comprimida con 0.5% de fibras PET y 10% de extracto de paleta de nopal



Figura 37

Rotura ladrillos de tierra comprimida con 0.5% de fibras PET y 10% de extracto de paleta de nopal



Figura 38

Resistencia a compresión ladrillos de tierra comprimida con 0.8% de fibras PET y 20% de extracto de paleta de nopal



Figura 39

Rotura ladrillos de tierra comprimida con 0.8% de fibras PET y 20% de extracto de paleta de nopal



Figura 40

Resistencia a compresión ladrillos de tierra comprimida con 1.1% de fibras PET y 30% de extracto de paleta de nopal



Figura 41

Rotura de los ladrillos de tierra comprimida con 1.1% de fibras PET y 30% de extracto de paleta de nopal



3.5 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para el análisis e interpretación de datos en la investigación, se empleó un enfoque cuantitativo basado en un diseño cuasi experimental, utilizando muestreo no probabilístico para seleccionar las muestras representativas. Los datos obtenidos de las pruebas de resistencia se analizaron mediante estadística descriptiva (medias y desviaciones estándar) para cuantificar el incremento en la resistencia, complementado con la prueba no paramétrica de Wilcoxon, que permitió contrastar las diferencias significativas entre los bloques modificados y el patrón.

3.6 ASPECTOS ÉTICOS

La investigación sobre el impacto de las fibras PET y el extracto de paleta de nopal en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada se ajusta a principios éticos clave en la investigación científica, garantizando integridad, transparencia y responsabilidad en cada fase del estudio. Se priorizó el uso de materiales reciclados y naturales, promoviendo la sostenibilidad y reduciendo el impacto ambiental en la construcción. Además, se adoptó una metodología rigurosa y un análisis estadístico imparcial para asegurar la precisión y replicabilidad de los resultados. El estudio respeta el principio de beneficencia, buscando generar conocimiento valioso para la comunidad mediante propuestas de alternativas ecológicas y económicas para la construcción de viviendas sostenibles. También se mantuvieron criterios de equidad en la selección de materiales y métodos de ensayo, evitando sesgos que pudieran afectar la validez de los resultados. Finalmente, se cumplieron las normativas éticas en la recolección, análisis y difusión de datos, promoviendo una investigación responsable alineada con el bienestar social y ambiental.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS

En esta sección se analizan los datos de resistencia a la compresión obtenidos a través de ensayos de laboratorio.

Análisis descriptivo de los datos obtenidos en laboratorio

Tabla 3

Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. BTC Diseño

Muestras	F'c de los BTC patrón (Kg/cm2).	F'c de los BTC según diseño (Kg/cm2).
M 1	71,10	61,18
M 2	71,12	61,18
M 3	71,31	61,18
M 4	71,32	61,18
M 5	71,32	61,18
M 6	71,09	61,18
M 7	71,12	61,18
M 8	71,11	61,18
M 9	71,33	61,18
M 10	71,12	61,18
M 11	71,10	61,18
M 12	71,11	61,18
M 13	71,12	61,18
M 14	71,11	61,18
M 15	71,12	61,18
M 16	71,11	61,18
M 17	71,10	61,18
M 18	71,33	61,18

Nota. Según la norma colombiana la resistencia de diseño debe de ser 61,18 kg/cm2. BTC= Bloque de tierra comprimida.

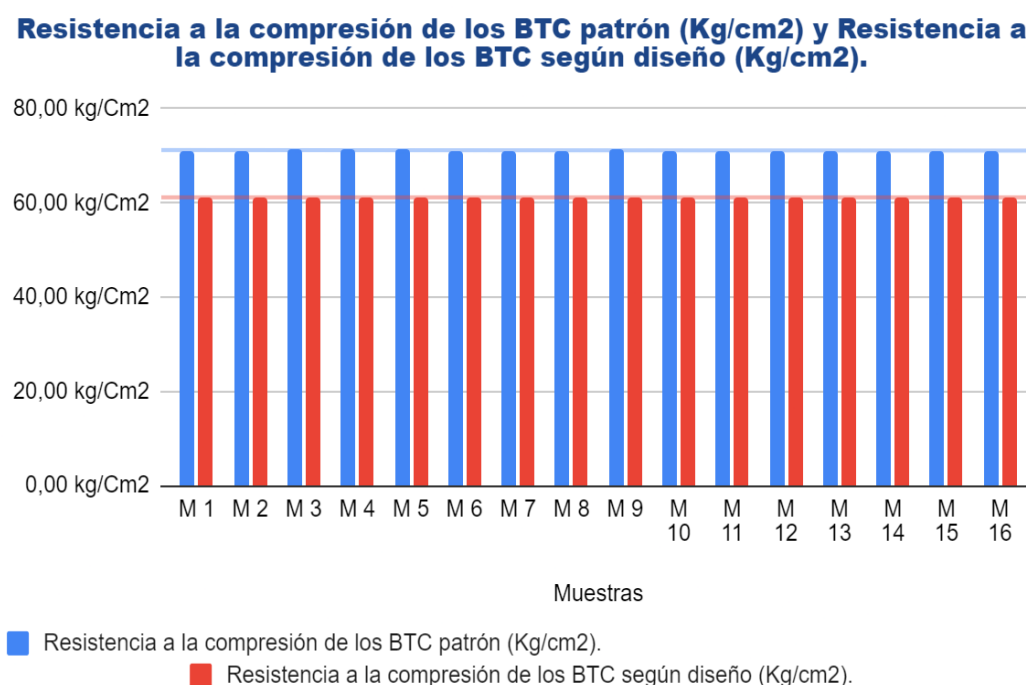
Interpretación

La tabla presenta los resultados de resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra compactada, tanto para el patrón sin inclusión de fibras PET ni extracto de paleta de nopal, como para los bloques elaborados conforme a

la normativa colombiana, que establece una resistencia máxima de 6 MPa o 61,18 Kg/cm² (NTC 5324, 2004).

Figura 42

Comparación de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. Diseño (Kg/cm²)



Nota. BTC= Ladrillos de tierra compactada.

Interpretación

La figura muestra que el valor más alto de resistencia a compresión obtenido para los ladrillos de tierra compactada estándar, sin la inclusión de fibras PET ni extracto de paleta de nopal, es de 71,33 Kg/cm². En cuanto a la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada según su diseño, su valor es de 61,18 Kg/cm².

Tabla 4

Medias de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. Diseño

Media	Valor	Unidades
F'c de bloques patrón.	71,17	Kg/cm ²
F'c de bloques según diseño.	61,18	Kg/cm ²

Interpretación:

La tabla muestra que la resistencia promedio a la compresión de los ladrillos de tierra compactada sin fibras PET ni extracto de paleta de nopal es de 71,17 Kg/cm², mientras que la media de los bloques diseñados conforme a la normativa es de 61,18 Kg/cm². Esto indica que la fabricación de los bloques patrón ha sido adecuada.

Tabla 5

Resistencia a Compresión: BTC 0.5% PET + 10% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

F'c de los BTC con inclusión de un 0,5% Muestras de fibras PET y 10% de extracto de paleta F'c de los BTC patrón (Kg/cm²). de nopal (Kg/cm²).		
M 1	72,90	71,10
M 2	72,92	71,12
M 3	72,91	71,31
M 4	72,91	71,32
M 5	72,93	71,32
M 6	72,93	71,09
M 7	72,91	71,12
M 8	72,92	71,11
M 9	72,91	71,33
M 10	72,93	71,12
M 11	72,92	71,10
M 12	72,93	71,11
M 13	72,93	71,12
M 14	72,91	71,11
M 15	72,91	71,12
M 16	72,93	71,11
M 17	72,91	71,10
M 18	72,93	71,33

Nota. BTC= Ladrillos de tierra compactada.

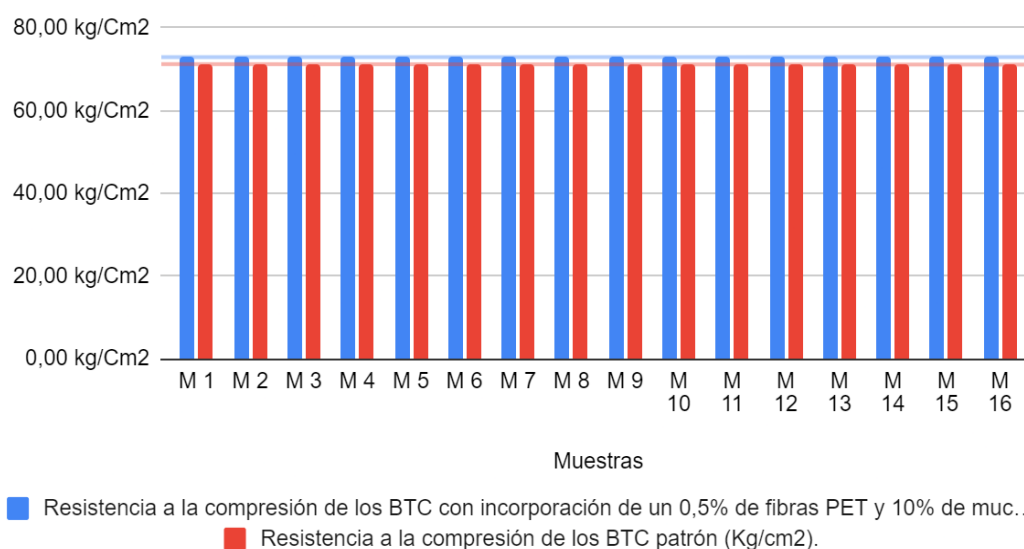
Interpretación

La tabla muestra los resultados de la resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra compactada con un 0,5% de fibras PET añadidas al cemento y un 10% de agua sustituida por extracto de paleta de nopal, en comparación con los resultados de los ladrillos de tierra compactada estándar.

Figura 43

Comparación de Resistencia a Compresión: BTC 0.5% PET + 10% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

Resistencia a la compresión de los BTC con incorporación de un 0,5% de fibras PET y 10% de mucilago de tuna (Kg/cm²). y Resistencia a la compresión de los BTC patrón (Kg/cm²).



Nota. BTC= Ladrillos de tierra compactada.

Interpretación

La figura muestra que el valor más alto registrado para la resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra compactada estándar, sin la inclusión de fibras PET ni extracto de paleta de nopal, es de 71,33 Kg/cm², mientras que el valor más alto para los ladrillos de tierra compactada con un 0,5% de fibras PET y un 10% de extracto de paleta de nopal es de 72,93 Kg/cm².

Tabla 6

Medias de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. BTC 0.5% PET + 10% Nopal

Media	Valor	Unidades
F'c de bloques patrón.	71,17	Kg/cm2
F'c de bloques con 0,5% de fibras PET y 10% de extracto de paleta de nopal.	72,93	Kg/cm2

Interpretación

La tabla muestra que la resistencia media a compresión de bloques patrón es de 71,17 Kg/cm², mientras que los bloques con la inclusión de 0,5% de fibras PET y 10% de extracto de paleta de nopal alcanzan una resistencia media ligeramente superior de 72,93 Kg/cm², lo que representa un aumento de 1,76 Kg/cm². Esta mejora indica que la combinación de fibras PET y extracto de paleta de nopal contribuyó positivamente al incremento de la resistencia mecánica, sugiriendo que estos materiales pueden ser una alternativa viable para reforzar los bloques sin comprometer su capacidad estructural.

Tabla 7

Resistencia a Compresión: BTC 0.8% PET + 20% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

Muestras	F'c de los BTC con inclusión de un 0,8% de fibras PET y 20% de extracto de paleta de nopal (Kg/cm ²).	F'c de los BTC patrón (Kg/cm ²).
M 1	73,95	71,10
M 2	73,92	71,12
M 3	73,91	71,31
M 4	73,96	71,32
M 5	73,93	71,32
M 6	73,94	71,09
M 7	73,95	71,12
M 8	73,93	71,11
M 9	73,92	71,33
M 10	73,92	71,12
M 11	73,94	71,10
M 12	73,94	71,11
M 13	73,94	71,12
M 14	73,96	71,11
M 15	73,93	71,12
M 16	73,95	71,11
M 17	73,96	71,10
M 18	73,95	71,33

Nota. BTC= Ladrillos de tierra compactada.

Interpretación

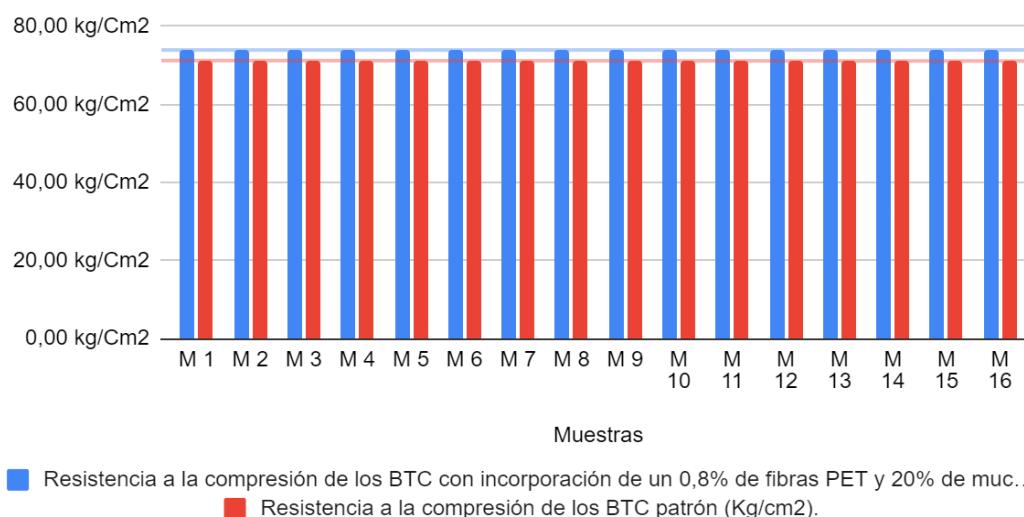
La tabla presenta los resultados de la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada a los que se les ha añadido un 0,8% en peso de

fibras PET al cemento y un 20% de agua reemplazada por extracto de paleta de nopal, así como los resultados de los ladrillos de tierra compactada patrón.

Figura 44

Comparación de Resistencia a Compresión: BTC 0.8% PET + 20% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

Resistencia a la compresión de los BTC con incorporación de un 0,8% de fibras PET y 20% de mucilago de tuna (Kg/cm²) y Resistencia a la compresión de los BTC patrón (Kg/cm²)



Nota. BTC= Ladrillos de tierra compactada.

Interpretación

La figura muestra que el valor más alto de resistencia a la compresión para los ladrillos de tierra compactada estándar, sin añadir fibras PET ni extracto de paleta de nopal, es de 71,33 Kg/cm². En cambio, para los ladrillos de tierra compactada con un 0,8% de fibras PET y un 20% de extracto de paleta de nopal, el valor máximo alcanzado es de 73,96 Kg/cm².

Tabla 8

Medias de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. BTC 0.8% PET + 20% Nopal

Media	Valor	Unidades
Resist. a compresión de los bloques patrón.	71,17	Kg/cm2
Resist. a compresión de bloques con 0,8% de fibras PET y 20% de extracto de paleta de nopal.	73,94	Kg/cm2

Interpretación:

La Tabla muestra que la resistencia media a compresión de bloques patrón es de 71,17 Kg/cm², mientras que los bloques con la inclusión de 0,8% de fibras PET y 20% de extracto de paleta de nopal presentan una resistencia media de 73,94 Kg/cm², lo que representa un aumento de 2,77 Kg/cm² respecto a los bloques patrón. Este incremento sugiere que la mayor proporción de fibras PET y extracto de paleta de nopal mejora la capacidad mecánica de los bloques, haciendo de esta combinación una alternativa prometedora para optimizar su resistencia a la compresión.

Tabla 9

Resistencia a Compresión: BTC 1.1% PET + 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

Muestras	Resistencia a compresión de los BTC con 1,1% de fibras PET y 30% de extracto de paleta de nopal (Kg/cm ²).	Resistencia a compresión de los BTC patrón (Kg/cm ²).
M 1	74,51	71,10
M 2	74,52	71,1
M 3	74,52	71,31
M 4	74,52	71,32
M 5	74,53	71,32
M 6	74,54	71,09
M 7	74,53	71,12
M 8	74,52	71,11
M 9	74,52	71,33
M 10	74,54	71,12
M 11	74,54	71,10
M 12	74,53	71,11
M 13	74,51	71,12
M 14	74,54	71,11
M 15	74,55 kg/Cm2	71,12 kg/Cm2
M 16	73,95 kg/Cm2	71,11 kg/Cm2
M 17	73,96 kg/Cm2	71,10 kg/Cm2
M 18	73,95 kg/Cm2	71,33 kg/Cm2

Nota. BTC= Ladrillos de tierra compactada.

Interpretación

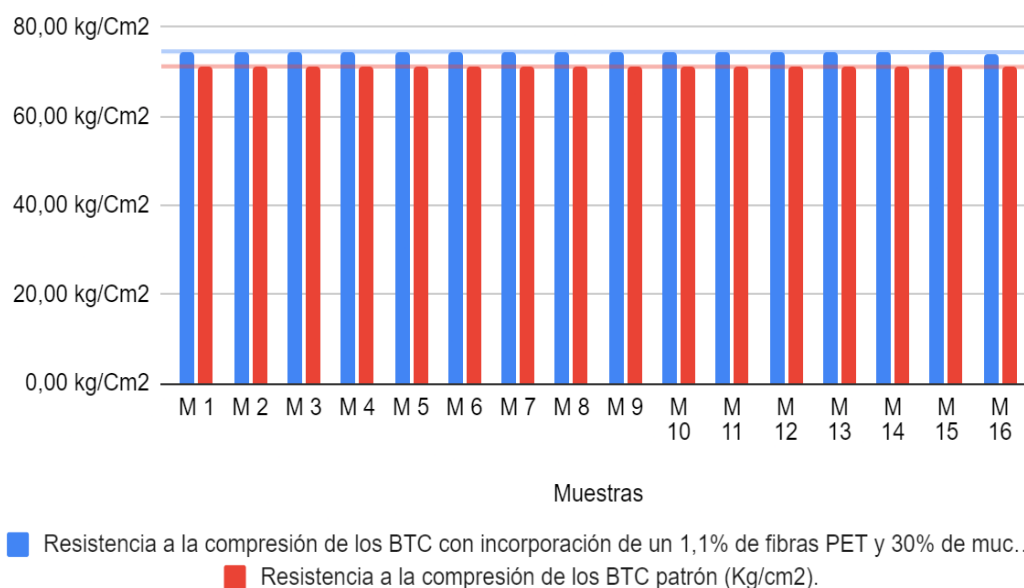
La tabla presenta los resultados de la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada a los que se les ha añadido un 1,1% en peso de

fibras PET al cemento y un 30% de agua reemplazada por extracto de paleta de nopal, así como los resultados de los ladrillos de tierra compactada patrón.

Figura 45

Comparación de Resistencia a Compresión: BTC 1.1% PET + 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

Resistencia a la compresión de los BTC con incorporación de un 1,1% de fibras PET y 30% de mucilago de tuna (Kg/cm²) y Resistencia a la compresión de los BTC patrón (Kg/cm²)



Interpretación

Según la figura, el valor más alto de resistencia a compresión registrado en ladrillos de tierra compactada estándar, sin la inclusión de fibras de PET ni extracto de paleta de nopal, fue de 71,33 Kg/cm². En contraste, los bloques con un 1,1% de fibras PET y un 30% de extracto de paleta de nopal alcanzaron una resistencia máxima de 74,55 Kg/cm².

Tabla 10

Medias de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. BTC 1.1% PET + 30% Nopal

Media	Valor	Unidades
F'c de bloques patrón.	71,17	Kg/cm2
F'c de bloques con 1,1% de fibras PET y 30% de extracto de paleta de nopal.	74,43	Kg/cm2

Interpretación:

La tabla evidencia que los bloques patrón presentan una resistencia media a la compresión de 71,17 Kg/cm², mientras que aquellos que contienen un 1,1% de fibras PET y un 30% de extracto de paleta de nopal alcanzan un promedio de 74,43 Kg/cm², reflejando un incremento de 3,26 Kg/cm². Estos resultados sugieren que la inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal influye de manera favorable en la resistencia a la compresión de los bloques, indicando que esta combinación de materiales contribuye a mejorar su desempeño estructural.

Tabla 11

Resistencia a Compresión Promedio: BTC 0.5%, 0.8%, 1.1% PET + 10%, 20%, 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

Muestras	F'c promedio de BTC con 0,5%, 0,8% y 1,1% de fibras PET y 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal (Kg/cm ²).	F'c de los BTC patrón (Kg/cm ²).
M 1	73,79	71,10
M 2	73,79	71,12
M 3	73,78	71,31
M 4	73,80	71,32
M 5	73,80	71,32
M 6	73,80	71,09
M 7	73,80	71,12
M 8	73,79	71,11
M 9	73,78	71,33
M 10	73,80	71,12
M 11	73,80	71,10
M 12	73,80	71,11
M 13	73,80	71,12
M 14	73,80	71,11
M 15	73,80	71,12
M 16	73,61	71,11
M 17	73,61	71,10
M 18	73,61	71,33

Nota. BTC= Ladrillos de tierra compactada.

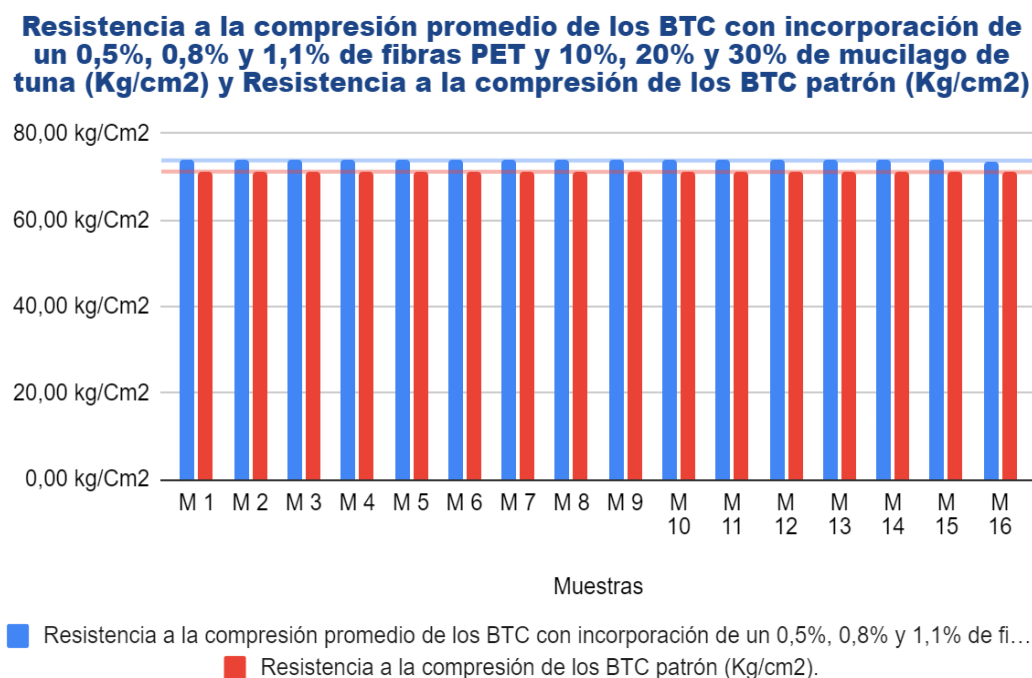
Interpretación

La tabla presenta los resultados de la resistencia a compresión promedio de ladrillos de tierra compactada a los que se les ha añadido un

0,5%, 0,8% y 1,1% en peso de fibras PET al cemento y un 30% de agua reemplazada por extracto de paleta de nopal, así como los resultados de ladrillos de tierra compactada patrón.

Figura 46

Comparación de Resistencia a Compresión Promedio: BTC 0.5%, 0.8%, 1.1% PET + 10%, 20%, 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)



Nota. BTC= Ladrillos de tierra compactada.

Interpretación

La figura muestra que la resistencia máxima a la compresión en los ladrillos de tierra compactada estándar, sin fibras PET ni extracto de paleta de nopal, es de 71,33 Kg/cm². En comparación, el mayor valor promedio de resistencia a la compresión en los bloques con 0,5%, 0,8% y 1,1% de fibras PET, junto con 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal, alcanza los 73,80 Kg/cm².

Tabla 12

Medias de Resistencia a Compresión: BTC Patrón vs. BTC con 0.5%, 0.8%, 1.1% PET + 10%, 20%, 30% Nopal

Media	Valor	Unidades
F'c de bloques patrón.	71,17	Kg/cm ²
F'c promedio de bloques con 0,5%, 0,8% y 1,1% de fibras PET y 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal.	73,76	Kg/cm ²

Interpretación:

La tabla muestra que la resistencia media a compresión de bloques patrón es de 71,17 Kg/cm², mientras que la resistencia promedio de los bloques con la inclusión de 0,5%, 0,8% y 1,1% de fibras PET y 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal es de 73,76 Kg/cm², representando un incremento de 2,59 Kg/cm². Este aumento sugiere que la inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal mejora la capacidad de compresión de los bloques, destacando el potencial de estos materiales para fortalecer la estructura.

4.2 RESULTADOS INFERENCIALES

El contraste de las hipótesis se ha realizado empleando el programa estadístico SPSS.

Para la hipótesis general

HG: La inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal tienen un efecto significativo en la resistencia a la compresión del bloque de tierra comprimida en Tomay Kichwa, Huánuco - 2024.

H0: La inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal NO tienen un efecto significativo en la resistencia a la compresión del bloque de tierra comprimida en Tomay Kichwa, Huánuco - 2024.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis general

Tabla 13

Prueba de Normalidad: Resistencia a Compresión Promedio BTC con PET + Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
F'c promedio de BTC con 0,5%, 0,8% y 1,1% de fibras PET y 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal (Kg/cm ²).	,420	18	,000	,523	18	,001
F'c de BTC patrón (Kg/cm ²).	,413	18	,000	,653	18	,001

Interpretación:

Dado que las muestras analizadas eran menores a 30, se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Los resultados mostraron que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad, tanto en la resistencia a compresión promedio de bloques con 0,5%, 0,8% y 1,1% de fibras PET y 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal ($p=0,001<0,05$), como en los bloques patrón ($p=0,001<0,05$). Debido a esta falta de normalidad, se decidió utilizar la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis general

Tabla 14

Prueba Wilcoxon: Resistencia a Compresión Promedio BTC con PET + Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre F'c de los BTC patrón (kg/cm ²). Y F'c promedio de BTC con inclusión de un 0.5 %, 0.8 % y 1.1 % de fibras PET y 10 %, 20 % y 30 % de extracto de paleta de nopal (kg/cm ²) es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,001	Rechazar la hipótesis nula.

Interpretación

El análisis realizado en el software estadístico SPSS respalda la hipótesis alternativa, indicando que la inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal tiene un impacto significativo en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada en Tomay Kichwa, Huánuco - 2024, con una contrastación de ($W=0,001<0,005$).

Hipótesis específica 1:

HE1: La inclusión de un 0,5% en peso de fibras PET al cemento y un 10% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

HE0: La inclusión de un 0,5% en peso de fibras PET al cemento y un 10% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 1

Tabla 15

Prueba de Normalidad: Resistencia a Compresión BTC 0.5% PET + 10% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
F'c de BTC patrón (Kg/cm ²).	,413	18	,000	,653	18	,001
F'c de BTC con inclusión de un 0,5% de fibras PET y 10% de extracto de paleta de nopal (Kg/cm ²).	,252	18	,004	,815	18	,002

Interpretación:

Debido a que las muestras analizadas eran menores a 30, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Los resultados indicaron que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad, tanto en la resistencia a la compresión de los bloques con 0,5% de fibras PET y 10% de extracto de

paleta de nopal ($p=0,002<0,05$) como en los bloques patrón ($p=0,001<0,05$). Ante esta falta de normalidad, se decidió emplear la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 1

Tabla 16

Prueba Wilcoxon: Resistencia a Compresión BTC 0.5% PET + 10% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre F'c de BTC patrón (kg/cm ²). Y F'c de BTC con inclusión de un 0.5 %, de fibras PET y 10 % de extracto de paleta de nopal (kg/cm ²) es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,001	Rechazar la hipótesis nula.

Interpretación

El análisis efectuado con el software estadístico SPSS valida la hipótesis alternativa, sugiriendo que la inclusión de un 0,5% de fibras PET en peso al cemento y un 10% de extracto de paleta de nopal en sustitución del agua afecta significativamente la resistencia a la compresión de los ladrillos de tierra compactada, con una contrastación de ($W=0,001<0,005$).

Hipótesis específica 2:

HE2: La inclusión de un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y un 20% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

HE0: La inclusión de un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y un 20% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 2

Tabla 17

Prueba de Normalidad: Resistencia a Compresión BTC 0.8% PET + 20% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
F'c de BTC patrón (Kg/cm ²).	,413	18	,000	,653	18	,001
F'c BTC con inclusión de un 0,8% de fibras PET y 20% de extracto de paleta de nopal (Kg/cm ²).	,155	18	,200*	,934	18	,233

Interpretación:

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk debido a que las muestras eran menores de 30. Los resultados mostraron que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad en algunos casos: para la resistencia a compresión de bloques con 0,8% de fibras PET y 20% de extracto de paleta de nopal ($p=0,233>0,05$), sí se cumple, pero no así para los bloques patrón ($p=0,001<0,05$). Debido al incumplimiento del supuesto de normalidad, se decidió utilizar la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 2

Tabla 18

Prueba Wilcoxon: Resistencia a Compresión BTC 0.8% PET + 20% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre F'c de BTC patrón (kg/cm ²). Y F'c de BTC con inclusión de un 0.8 %, de fibras PET y 20 % de extracto de paleta de nopal (kg/cm ²) es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Interpretación

El análisis realizado con el software estadístico SPSS apoya la hipótesis alternativa, sugiriendo que la inclusión de un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y un 20% de extracto de paleta de nopal en reemplazo del agua tiene un impacto significativo en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada, con una contrastación de ($W=0,000<0,005$).

Hipótesis específica 3:

HE2: La inclusión de un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y un 30% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

HE0: La inclusión de un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y un 30% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 3

Tabla 19

Prueba de Normalidad: Resistencia a Compresión BTC 1.1% PET + 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
F'c de BTC patrón (Kg/cm ²).	,413	18	,000	,653	18	,001
F'c BTC con inclusión de un 1,1% de fibras PET y 30% de extracto de paleta de nopal (Kg/cm ²).	,471	18	,000	,505	18	,001

Interpretación:

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk debido a que las muestras eran menores de 30. Los resultados indicaron que los datos no cumplían con el supuesto de normalidad, tanto para la resistencia a la compresión de los bloques con 1,1% de fibras PET y 30% de extracto de

paleta de nopal ($p=0,001<0,05$), como para los bloques patrón ($p=0,001<0,05$). Dado que no se cumplió con la normalidad, se decidió utilizar la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 3

Tabla 20

Prueba Wilcoxon: Resistencia a Compresión BTC 1.1% PET + 30% Nopal vs. BTC Patrón (Kg/cm²)

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre F'c de BTC patrón (kg/cm ²). Y F'c de BTC con inclusión de un 1.1 %, de fibras PET y 30 % de extracto de paleta de nopal (kg/cm ²) es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Interpretación

El análisis efectuado con el software estadístico SPSS respalda la hipótesis alternativa, sugiriendo que la inclusión de un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y un 30% de extracto de paleta de nopal en sustitución del agua tiene un impacto significativo en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada. La contrastación fue ($W=0,000<0,005$).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Rotondaro et al. (2020) evaluaron 12 series de ladrillos de tierra compactada (BTC) estabilizados con distintas proporciones de cal y cemento, buscando reforzar un material económico y sustentable para la construcción. Los resultados mostraron que la resistencia a compresión de las series estabilizadas con cal, independientemente del porcentaje empleado, fue estadísticamente equivalente a la de los bloques sin estabilizar. Sin embargo, las series con cemento reflejaron un aumento significativo en la resistencia según el porcentaje utilizado, registrando 0,81 MPa y 1,39 MPa con 2,5% y 5% de cemento, respectivamente, mientras que los bloques con 10% y 15% de cemento obtuvieron resistencias superiores de 5,09 MPa y 6,08 MPa. La mayor resistencia se alcanzó con 20% de cemento, logrando 7,43 MPa. En comparación con nuestra investigación, se evidenció que la inclusión de 1,1% de fibras PET y 30% de extracto de paleta de nopal también mejoró significativamente la resistencia a compresión de bloques, alcanzando 74,43 kg/cm², superando el valor de 71,17 kg/cm² obtenido en los bloques estándar. Este hallazgo resalta que, al igual que en el trabajo de Rotondaro et al., el uso adecuado de materiales complementarios permite mejorar las propiedades mecánicas de los BTC, ofreciendo alternativas viables y eficientes para la construcción sostenible.

En la investigación de Aragon Brousset (2022) se buscó mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos y muros de adobe producidos en el Valle del Colca mediante la inclusión de aditivos, como fibras de polipropileno y quitosano. Los resultados mostraron que las fibras de polipropileno aumentaron la resistencia de las unidades en un 59% y la de los muretes en un 51%, evidenciando que las mejoras en la unidad se trasladan de forma consistente a las estructuras de albañilería. En cambio, el uso de quitosano redujo la resistencia en un 10% en las unidades y en un 64% en los muretes, demostrando que este aditivo afectó negativamente el desempeño estructural debido a su impacto en el proceso de hidratación del adobe. En contraste, en nuestra investigación sobre ladrillos de tierra compactada, la combinación de

0,5% de fibras PET y 10% de extracto de paleta de nopal resultó en una resistencia media de 72,93 kg/cm², ligeramente superior a la de los bloques patrón con 71,17 kg/cm². Aunque el incremento obtenido fue menor en comparación con el impacto del polipropileno en los ladrillos de adobe, este resultado demuestra que los aditivos empleados contribuyen a mejorar las propiedades mecánicas, ofreciendo alternativas viables y eficientes para el refuerzo de materiales de construcción sustentables.

En la investigación de Fabián (2021) se evaluó la resistencia de unidades de adobe compactado utilizando aditivos impermeabilizantes perma-zyme, con el objetivo de medir el impacto de estos aditivos y compararlo con los valores normativos de la Norma E.080. Los resultados mostraron que los adobes compactados con cal (1%, 2% y 3%) y fibras de caucho (0,5%, 1% y 1,5%) lograron resistencias de 17,10 kg/cm², 19,93 kg/cm² y 24,11 kg/cm², incrementando un 71,91% respecto al valor patrón de 14,29 kg/cm². En conclusión, la inclusión de perma-zyme mejoró significativamente la resistencia, superando los valores normativos establecidos. En comparación con nuestra investigación, se encontró que los ladrillos de tierra compactada con 0,5%, 0,8% y 1,1% de fibras PET y la sustitución de 10%, 20% y 30% del agua por extracto de paleta de nopal obtuvieron una resistencia promedio de 73,76 kg/cm², ligeramente superior a los 71,17 kg/cm² de los bloques patrón. Aunque el incremento no es tan significativo como el logrado por Fabián con el uso de perma-zyme, los resultados confirman que la inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal también contribuye a mejorar las propiedades mecánicas de los bloques, proporcionando una alternativa sustentable y eficiente para la construcción.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, concluimos en los siguientes:

Para el objetivo general: Se concluye que existe un efecto significativo en la resistencia a compresión del bloque de tierra comprimida al adicionar fibras PET y extracto de paleta de nopal. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ($W=0,000<0,05$), al examinar las medias, se puede inferir que la resistencia a compresión aumenta al adicionar un 0,5%, 0,8% y 1,1% de fibras PET y 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal, con una media de 73,76 kg/cm², en comparación con las muestras patrón, cuya resistencia a compresión promedio es de 71,17 kg/cm².

Para el objetivo específico 1: Se concluye que se observa un efecto significativo en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada al incorporar un 0,5% en peso de fibras PET al cemento y un 10% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ($W=0,000<0,05$), al examinar las medias, se puede inferir que la resistencia a compresión de los bloques aumenta al incorporar un 0,5% de fibras PET y 10% de extracto de paleta de nopal, con una media de 72,93 kg/cm², en comparación con las muestras patrón, cuya resistencia a compresión promedio es de 71,18 kg/cm².

Para el objetivo específico 2: Se concluye que se observa un efecto significativo en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada al incorporar un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y un 20% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ($W=0,000<0,05$), al examinar las medias, se puede inferir que la resistencia a compresión de los bloques aumenta al incorporar un 0,8% de fibras PET y 20% de extracto de paleta de nopal, con una media de 73,94 kg/cm², en comparación con las muestras patrón, cuya resistencia a compresión promedio es de 71,18 kg/cm².

Para el objetivo específico 3: Se concluye que se observa un efecto significativo en la resistencia a compresión de ladrillos de tierra compactada al incorporar un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y un 30% de extracto

de paleta de nopal en lugar de agua. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ($W=0,000<0,05$), al examinar las medias, se puede inferir que la resistencia a compresión de los bloques aumenta al incorporar un 1,1% de fibras PET y 30% de extracto de paleta de nopal, con una media de 74,43 kg/cm², en comparación con las muestras patrón, cuya resistencia a compresión promedio es de 71,18 kg/cm².

Para la investigación se ha utilizado la norma técnica colombiana NTC 5324 en ellas se menciona el proceso de elaboración, las dimensiones y el ensayo de laboratorio a realizar del bloque de tierra comprimida, se ha usado esta normativa debido a que no hay normativa peruana al respecto cabe señalar a que la norma E.080 está enfocada principalmente a adobes y tapiales que son unidades de albañilería diferentes al bloque de tierra comprimida.

RECOMENDACIONES

- Organizar talleres y capacitaciones para la comunidad local sobre la técnica de producción de ladrillos de tierra compactada con la inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal. Esto permitirá compartir conocimientos sobre cómo mejorar la resistencia estructural y fomentar el uso de materiales reciclados y naturales.
- Establecer iniciativas de recolección de botellas de PET en la comunidad y en áreas circundantes para garantizar un suministro constante de este material. Además, se puede promover la creación de asociaciones o grupos comunitarios dedicados a la recolección y reciclaje.
- Colaborar con las autoridades locales para establecer normativas que fomenten el uso de materiales reciclados en la construcción, priorizando el uso de ladrillos de tierra compactada mejorados como parte de programas de construcción sostenible.
- Continuar la investigación en diversas condiciones ambientales y de humedad, así como en diferentes proporciones de aditivos, para determinar la efectividad de estas mezclas en diversas aplicaciones constructivas.
- Desarrollar proyectos piloto en comunidades locales que utilicen BTC con fibras PET y extracto de paleta de nopal para evaluar su rendimiento a largo plazo y recoger información práctica sobre su uso en la construcción de viviendas.
- Compartir los resultados de la investigación en conferencias, ferias de construcción y plataformas digitales, para informar a otros investigadores, profesionales de la construcción y comunidades sobre los beneficios de esta técnica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Blanco, S. (2006). *Principales polímeros comerciales*. Universitat Politècnica de València.
- Aragon Brousset, J. (2022). *Mejoramiento del adobe manufacturado en el valle del Colca con la inclusión de aditivos: Fibras de polipropileno y quitosano*. Recuperado el 29 de January de 2024, de Repositorio UNSA: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/1b9534d7-1ae7-48bc-a155-a19c28b0903b>
- Arias, E. (2003). *El nopal (Opuntia spp.) como forraje*. FAO.
- Beretta, H. (2008). *Ladrillos de plástico reciclado*. Editorial Nobuko.
- Berg, J. M., Stryer, L., & Tymoczko, J. L. (2007). *Bioquímica*. (J. M. Macarulla, Trad.) Reverté.
- Beyer, H., & Walter, W. (2020). *Manual de química orgánica*. Reverte.
- Billmeyer, F. W. (2020). *Ciencia de los polímeros*. (R. Areal Guerra, Trad.) Reverte.
- Boatella Riera, J. (2004). *Química y Bioquímica de los alimentos II*. Universitat de Barcelona.
- Cabrera Vargas, M., & Tello Ormeño, J. (2021). Mejora de las propiedades mecánicas de los ladrillos de tierra compactada (BTC) reforzados con cemento y fibra natural. Universidad de Ciencias Aplicadas.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2019). *Ciencia e ingeniería de materiales*. Reverte.
- Cañola, H. D., Builes Jaramillo, A., Medina, C. A., & González Castañeda, G. G. (2018). *Ladrillos de tierra compactada (BTC) con aditivos bituminosos*. Recuperado el 23 de January de 2024, de SciELO Colombia: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992018000300135&lang=es
- Carrasco Díaz, S. (2015). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. San Marcos.
- Cervera Fantoni, A. L. (2003). *Envase y embalaje*. ESIC.

- Clerici Rusconi, A., & Prandoni, A. (2021). *Cómo modelar con arcilla, masa de pan y otros materiales blandos*. De Vecchi, Editorial, S.A.
- Corrales García, J., & Flores Valdez, C. A. (2003). *Nopalitos y tunas: producción, comercialización, poscosecha e industrialización*. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM-Programa Nopal.
- Cruz Orrego, N., & Leiva Goicochea, R. (2021). Uso del tereftalato de polietileno (PET), en reemplazo del agregado fino, para la elaboración de unidades de albañilería, Jaén 2020. Universidad Nacional de Jaén.
- Díaz, F. (2021). Análisis de la resistencia a la compresión del adobe compactado con el aditivo impermeabilizante perma-zyme y su comparación con la norma técnica de edificaciones E.080. Universidad de Huánuco.
- Durst, H. P. (2021). *Química orgánica experimental*. (D. Mauleón Casellas, & R. Granados Jarque, Trads.) Reverte.
- Elmadfa, I., Muskat, E., & Fritzsche, D. (2011). *Tabla de aditivos. Los números E*. Editorial Hispano Europea, S.A.
- García Jiménez, J. L., Gonzálo Gracia, J., Gómez Morales, T., Águeda Casado, E., & Martín Navarro, J. (2009). *Técnicas básicas de sustitución de elementos amovibles y preparación de superficies*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- Hibbeler, R. C. (2006). *Mecánica de Materiales*. Pearson Educación.
- Iano, Y., Saotome, O., Kemper Vásquez, G. L., Cotrim Pezzuto, C., Arthur, R., & Gomes de Oliveira, G. (Edits.). (2022). *Proceedings of the 7th Brazilian Technology Symposium (BTSym'21): Emerging Trends in Human Smart and Sustainable Future of Cities (Volume 1)*. Springer International Publishing.
- Jenkins, J. B. (2014). *Genética: Principios de la genética*. (A. Jiménez Sánchez, Trad.) Reverte.
- Jiménez Fernández, E. (2014). Obtención del mucílago de la cáscara de la tuna (*Opuntia ficusindica*) a partir de diferentes métodos de extracción. Universidad de Chile.

- Martínez Barrera, G. (2015). *Materiales sustentables y reciclados en la construcción*. OmniaScience.
- Matteini, M., & Moles, A. (2001). *La química en la restauración: los materiales del arte pictórico*. (E. Bruno, & G. Lain, Trans.) Nerea.
- Mejía Pacheco, P. (2018). Ladrillos de tierra compactada con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador. Universidad de Cuenca.
- NTC 5324. (2004). Norma técnica colombiana (NTC 5324) bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Ortega Hilario, E. (2022). Influencia del cemento en la resistencia a la compresión en muros de tapial, hecho con agregados extraídos de Colpa Alta – Huánuco – 2021. Universidad de Huánuco.
- Oskam VF. (2022). *Ladrillos de tierra compactada*. Recuperado el 19 de February de 2024, de Oskam VF: <https://oskam-vf.com/es/productos-de-la-tierra/bloques-de-tierra-comprimida>
- Pedro Cabrera, S., Aranda Jiménez, Y. G., & Suárez Domínguez, E. J. (2020). Ladrillos de tierra compactada (BTC) estabilizados con cal y cemento. Evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión. Hábitat Sustentable.
- Pino Gotuzzo, R. (2018). *Metodología de la investigación: elaboración de diseños para contrastar hipótesis*. San Marcos.
- Plásticos Brello. (29 de March de 2022). *PET Tereftalato de polietileno*. Recuperado el 19 de February de 2024, de Plásticos Brello: <https://plasticos-brello.com/material/pet-tereftalato-de-polietileno/>
- Polo Cerón, D., Gómez Ruiz, S., & Prashar, S. (2010). *Aplicaciones de nuevos complejos metaloceno en polimerización de olefinas*. Editorial Dykinson, S.L.
- Quezada Lucio, N. (2010). *Metodología de la investigación: estadística aplicada en la investigación*. Editorial Macro.
- Rojas Galvez, J. R. (2021). Propiedades físico-mecánicas de ladrillos de tierra compactada con la inclusión de emulsión asfáltica, Cajamarca 2018. Universidad Privada del Norte.

- Rotondaro, R., Cabrera, S. P., Aranda Jiménez, Y. G., & Suárez Domínguez, E. J. (2020). *Ladrillos de tierra compactada (BTC) estabilizados con cal y cemento. evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión*. Recuperado el 23 de January de 2024, de SciELO Chile: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-07002020000200070
- Ruiz López, M. D. (Ed.). (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. Editorial Médica Panamericana S.A.
- Sáenz, C., & Berger, H. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. FAO.
- Sánchez Pineda de las Infantas, M. T. (2003). *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Sastre Sastre, R., & Muñoz Salinas, F. (2011). *Propiedades de los materiales y elementos de construcción*. UPC, S.L., Edicions.
- Seymour, R. B., & Carraher, C. J. (2021). *Introducción a la química de los polímeros*. (R. Areal Guerra, Trad.) Reverte.
- Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (2021). *Los suelos y su fertilidad*. (J. Puigdefabregas Tomas, Trad.) Reverte.
- Zabalza Bribián, I., & Aranda Usón, J. A. (2011). *Ecodiseño en la edificación*. Pressas Universitarias de Zaragoza.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Azado Claudio, E. G. (2025). *Efecto de la adición de fibras PET y mucilago de tuna en la resistencia a la compresión del bloque de tierra comprimida $F'c=40.79 \text{ Kg/cm}^2$, Tomay Kichwa - Huánuco -2024*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F’C=40,79 KG/CM2 DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA, TOMAY KICHWA - HUÁNUCO -2024”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALAS DE MEDICIÓN	ESPECIFICACIONES	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente					
PG: ¿Cuál es el efecto de la inclusión de fibras PET y extracto de mucilago de tuna en la resistencia a la compresión f’c=40,79 kg/cm2 del bloque de tierra comprimida en Tomay Kichwa, Huánuco - 2024?	OG: Determinar el efecto de la inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal en la resistencia a la compresión f’c=40,79 kg/cm2 del bloque de tierra comprimida en Tomay Kichwa, Huánuco - 2024.	HG: La inclusión de fibras PET y extracto de paleta de nopal tienen un efecto significativo en la resistencia a la compresión f’c=40,79 kg/cm2 del bloque de tierra comprimida en Tomay Kichwa, Huánuco - 2024.	Resistencia a la compresión de bloques de tierra compactada.	Inclusión de 0.5%, 0.8% y 1,1% de fibras PET y 10%, 20% y 30% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua (Kg).	Granulometría Absorción Peso específico Peso unitario y vacíos Humedad	% % Kg/cm3 Kg/cm3 %	NTC 5324	Enfoque: Enfoque cuantitativo. Alcance o nivel: Alcance explicativo. Diseño: Diseño Cuasiexperimental. Técnica de investigación: Observación directa Instrumentos: Fichas de campo y ficha de laboratorio. Población: En la investigación la población estará conformada por 60 ladrillos de tierra compactada. Muestra: La muestra tomada es la no probabilística.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dependiente					
PE1: ¿Cómo afecta la inclusión de un 0,5% en peso de fibras PET al cemento y un 10% de	OE1: Determinar el efecto de la inclusión de un 0,5% en peso de fibras PET al cemento y la	HE1: La inclusión de un 0,5% en peso de fibras PET al cemento y un 10% de extracto de	Fibras tereftalato polietileno extracto paleta nopal.	Resistencia a la compresión del BTC con inclusión de 0.5%, 0.8% y 1,1% de fibras PET y 10%,	Propiedades físicas Propiedades mecánicas	Selección de la tierra Elaboración de las probetas Densidad	NTC 5324	

mucilago de tuna en lugar de agua en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada? PE2: ¿Cómo afecta la inclusión de un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y un 20% de extracto de mucilago de tuna en lugar de agua en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada? PE3: ¿Cómo afecta la inclusión de un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y un 30% de extracto de mucilago de tuna en lugar de agua en la resistencia a la compresión de ladrillos de	sustitución del 10% de agua por extracto de paleta de nopal en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada. OE2: Determinar el efecto de la inclusión de un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y la sustitución del 20% de agua por extracto de paleta de nopal en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada. OE3: Determinar el efecto de la inclusión de un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y la sustitución del 30% de agua por extracto de paleta de nopal en la	paleta de nopal en lugar de agua tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada. HE2: La inclusión de un 0,8% en peso de fibras PET al cemento y un 20% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada. HE3: La inclusión de un 1,1% en peso de fibras PET al cemento y un 30% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua tiene un efecto significativo en	20% y 30% de extracto de paleta de nopal en lugar de agua (kg/cm2).	Resistencia a la compresión.	Nota: Para mayor detalle de lo presentado véase el capítulo III metodología del trabajo de investigación.
--	--	--	--	-------------------------------------	---

tierra compactada?	resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.	la resistencia a la compresión de ladrillos de tierra compactada.
--------------------	--	---

ANEXO 2

INSTRUMENTOS DE RECOJO DE DATOS

Certificado de calidad de la prensa Hidráulica



CERTIFICADO DE CALIDAD

El equipo identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

NOMBRE DEL PRODUCTO: PRENSA DE CONCRETO.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO: La máquina de prueba de compresión hidráulica se utiliza para la prueba de compresión de hormigón y otros materiales de construcción, carga manual, visualización digital del valor de la presión y la relación de carga.

CARACTERÍSTICAS:

Carga manual, Cubierta protectora

Capacidad de carga máxima: 2000 kN

Espacio de compresión: 360 mm

Carrera del pistón: 120 mm

Tamaño de las placas de compresión superiores: 300 mm

Tamaño de las placas de compresión inferiores: 300 mm

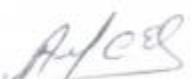
Dimensión (marco de carga: 900×400×1250 mm

Energía: 220V, 50Hz /60Hz, 1.3kW

MODELO: STYE-2000

SERIE: 221165

FECHA: 22/03/2024


Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad



Tel: +51 522 0723
Cel: 945 183 033
945 181 317 / 970 055 989



ventas@pys.pe
apozo@pys.pe
www.pys.pe



Calle 4, Mz. F1 Lt. 5
Urb. Virgen del Rosario - Lima 31



Certificado de calidad de los Tamices





MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



Granulometría de la muestra de suelo

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET Y MUCÍLAGO DE TUNA EN LA

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA F'C=40.79
KG/CM², TOMAY KICHWA - HUÁNUCO - 2024

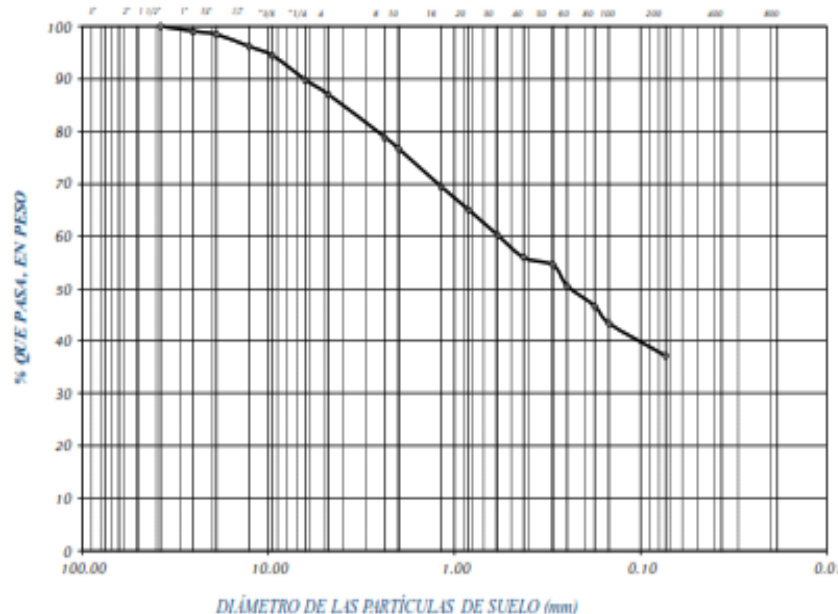
UBICACIÓN : TOMAY KICHWA - HUÁNUCO

SOLICITA : Bach. Ediv Gerardo Azedo Claudio

FECHA : AGOSTO DEL 2024

TAM. N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMANO MÁXIMO		
						muestra húmeda (ml)	muestra seca (ml)	peso de la tara (gr)
3"	75.200					2924	2642	213
2 1/2"	63.500					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
2"	50.800					Material de suelo de partículas gruesas con finos equivalente a:		
1 1/2"	38.100				100.00	62.83%		
1"	25.400	23.0	0.95	0.95	99.05	LÍMITES DE CONSISTENCIA		
3/4"	19.050	13.0	0.62	1.57	98.43	Límite Líquido	=	27.47
1/2"	12.700	36.0	2.32	3.87	96.13	Límite Plástico	=	22.71
3/8"	9.525	42.0	1.73	5.60	94.40	Índice Plástico	=	4.76
1/4"	6.350	112.0	4.62	10.22	89.78	Coefficiente de Curvatura	=	N.P.
No 4	4.750	69.0	2.84	13.06	86.94	Coefficiente de Uniformidad	=	N.P.
No 8	2.500	196.0	8.08	21.14	78.86	CLASIFICACIÓN		
No 10	2.000	53.0	2.27	23.40	76.60	UCS	:	GM
No 16	1.190	173.0	7.13	30.53	69.47	LÍMITE	:	A-2-4 (0)
No 20	0.840	110.0	4.53	35.06	64.94	OBSERVACIONES		
No 30	0.590	116.0	4.78	39.84	60.16	% de grava	=	13.06%
No 40	0.425	104.0	4.29	44.13	55.87	% de arena	=	49.77%
No 50	0.297	34.0	1.40	45.53	54.47	% de limo y arcilla	=	37.17%
No 60	0.250	96.0	3.96	49.49	50.51	% de humedad	=	11.62%
No 80	0.177	95.0	3.91	53.40	46.60			
No 100	0.149	79.0	3.26	56.65	43.35			
No 200	0.075	150.0	6.18	62.83	37.17			
CAZOLETA	0.075	902.00	37.17	100.00	0.00			
TOTAL		2427.00	100.00					

GRÁFICO DE LA GRANULOMETRÍA CON MALLAS ESTÁNDAR



MONTAÑA
AQUINO GARCIA KEVIN JOEL
TIC. LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Sánchez Juvenio Polanco Paredone
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 210900



límites de consistencia de la muestra de suelo

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

TESIS : EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET Y MUCÍLAGO DE TUNA EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA
F'C=40.79 KG/CM², TOMAY KICHWA - HUÁNUCO-2024

UBICACIÓN : TOMAY KICHWA - HUÁNUCO
SOLICITÁ : Bach. Elvis Gerardo Azado Claudio
FECHA : AGOSTO DEL 2024

LÍMITES DE CONSISTENCIA ÁSTM D - 423

Nº DE GOLPES	16	21	27	58
Suelo Humedo + Tarea	86.72	88.27	78.80	84.02
Suelo seco + Tarea	71.93	73.76	67.20	71.91
Peso de Tarea	22.74	22.06	22.94	21.96
Peso de S. Agua	14.79	14.51	11.60	12.11
Peso de Suelo Seco	49.19	51.70	44.26	49.95
WETTED (g)	30.67	28.07	26.21	24.24

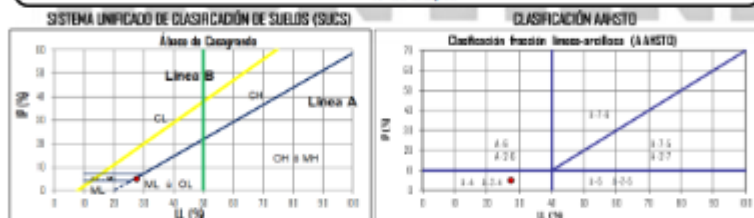
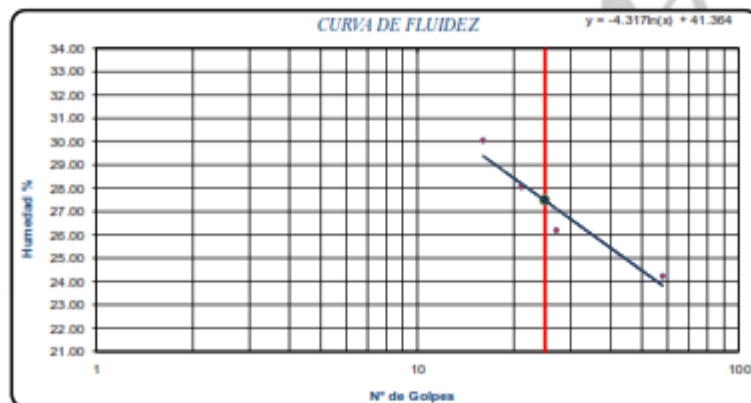
LÍMITE LÍQUIDO : 27.47

LÍMITE PLÁSTICO : 22.71

ÍNDICE PLÁSTICO : 4.76

LÍMITES DE CONSISTENCIA ÁSTM - 424

MUESTRA	01	02	03
Suelo Humedo + Tarea	23.45	22.50	23.27
Suelo seco + Tarea	22.25	21.03	22.10
Peso de Tarea	17.10	15.47	16.78
Peso de S. Agua	1.20	1.27	1.17
Peso de Suelo Seco	5.15	5.56	5.32
WETTED (g)	23.30	22.64	21.99



Clasificación de suelos: Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS.)
Suelo de partículas gruesas, Suelo de partículas gruesas con fin (suelo suelo).
Grava limosa con arena GM
Clasificación de suelos: AASHTO
A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa



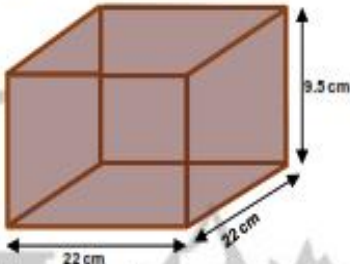
MONTAÑA

LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



Diseño de mezcla de los ladrillos comprimidos

PROYECTO:	"EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA F'C=40.79 KG/CM ² , TOMAY KICHWA - HUÁNUCO -2024"
SOLICITA:	Bach. Elms Gerardo Azado Claudio
FECHA:	AGOSTO DEL 2024

DISEÑO DE MEZCLA DE LOS LADRILLOS			
LADRILLO COMPRIMIDO			
			
PESO SECO DE LA MUESTRA	8.050 kg	PESO SECO DE LA MUESTRA	144.900 kg
1		18	
PATRON (18 MUESTRAS)		CON ADICIONANTES FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA (18 MUESTRAS)	
CANTIDAD DE CEMENTO		CANTIDAD DE CEMENTO	
25.76 kg		0.5%; 10%	0.8%; 20%
		25.760 kg	25.760 kg
CANTIDAD DE AGUA		CANTIDAD DE AGUA	
8.50 Lt		0.5%; 10%	0.8%; 20%
		8.50 Lt	8.50 Lt
CANTIDAD DE FIBRAS PET		CANTIDAD DE FIBRAS PET	
0 kg		0.5 %	0.8 %
		0.725 kg	1.159 kg
CANTIDAD DE MUCILAGO DE TUNA		CANTIDAD DE MUCILAGO DE TUNA	
0 Lt		10 %	20 %
		0.85 Lt	1.70 Lt


MONTAÑA
 KEVIN INEL
 TEG. LABORATORISTA DE SUELOS,
 CONCRETO Y PAVIMENTOS


 Ing. Samuel Azado
 Ingeniero Civil
 Reg. CIP. N° 218098



MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



Contenido de humedad de los bloques de tierra comprimida

ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127
PROYECTO:	"EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET Y MUCÍLAGO DE TUNA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA F'C=40.79 KG/CM2, TOMAY KICHWA - HUÁNUCO -2024"
SOLICITA:	Bach. Elvis Gerardo Azado Claudio
FECHA:	AGOSTO DEL 2024

BLOQUES DE LAS MUESTRAS DE LOS LADRILLOS COMPRIMIDOS											
IDENTIFICACION	% DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE REMOJADO	EDAD (horas)	ALTURA PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	LARGO PROMEDIO (cm)	PESO DE LA UNIDAD SECA (gr)	PESO DE LA UNIDAD SATURADA (gr)	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN %	PROMEDIO %
P-01	0%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1633	1832	12.19	11.91
P-02	0%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1637	1827	11.61	
P-03	0%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1635	1830	11.93	
P-01	0.5%; 10%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1629	1825	12.03	11.87
P-02	0.5%; 10%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1631	1819	11.53	
P-03	0.5%; 10%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1627	1823	12.05	
P-01	0.8%; 20%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1625	1790	10.15	10.49
P-02	0.8%; 20%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1619	1795	10.87	
P-03	0.8%; 20%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1628	1798	10.44	
P-01	1.1%; 30%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1610	1760	9.32	9.38
P-02	1.1%; 30%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1605	1759	9.60	
P-03	1.1%; 30%	01/08/2024	02/09/2024	24	9.5	22	22	1614	1763	9.23	

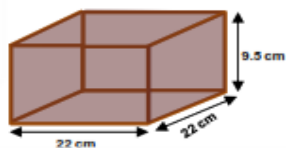
Ecuación 2: Absorción de agua Donde:

$$\%ABS = \frac{P2 - P1}{P1} \times 100$$

%ABS = Porcentaje de absorción de agua (%)

P1 = Peso de la unidad seca (gr)

P2 = Peso de la unidad saturada (gr)



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

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968



MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida (Patrón).

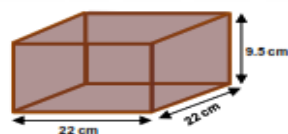
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA
NORMA:	BLOQUES DE SUELO CEMENTO PARA MUROS Y DIVISIONES "NORMA TÉCNICA COLOMBIANA - NTC 5324"
PROYECTO:	"EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA F'C=40.79 KG/CM2, TOMAY KICHWA - HUÁNUCO -2024"
SOLICITA:	Bach. Elvis Gerardo Azado Claudio
FECHA:	AGOSTO DEL 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	% DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE ADOBE	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECIMENES				f'c
							Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Area (cm2)	
M-1 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.48 kn	34,412.84 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.10 kg/cm²
M-2 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.56 kn	34,420.99 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.12 kg/cm²
M-3 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	338.49 kn	34,515.83 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.31 kg/cm²
M-4 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	338.51 kn	34,517.86 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.32 kg/cm²
M-5 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	338.50 kn	34,516.85 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.32 kg/cm²
M-6 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.45 kn	34,409.78 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.09 kg/cm²
M-7 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.58 kn	34,423.03 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.12 kg/cm²
M-8 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.52 kn	34,416.91 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.11 kg/cm²
M-9 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	338.55 kn	34,521.94 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.33 kg/cm²
M-10 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.56 kn	34,420.99 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.12 kg/cm²
M-11 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.49 kn	34,413.35 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.10 kg/cm²
M-12 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.51 kn	34,415.89 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.11 kg/cm²
M-13 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.57 kn	34,422.01 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.12 kg/cm²
M-14 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.53 kn	34,417.93 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.11 kg/cm²
M-15 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.56 kn	34,420.99 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.12 kg/cm²
M-16 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.51 kn	34,415.89 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.11 kg/cm²
M-17 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	337.48 kn	34,412.84 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.10 kg/cm²
M-18 (PATRON)	0%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	338.57 kn	34,523.98 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	71.33 kg/cm²

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

Pc : Resistencia a la Compresión del Mortero
P : Carga Máxima
A : Área de la Superficie de Carga



MONTAÑA
AQUINO GARCIA KEVIN JOEL
TÉC. LABORATORISTA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

f'c PROMEDIO 71.17 kg/cm²

Ing. Samuel Juanito Polanco Pardase
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968



MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida con una adición del 0.5% de fibras Pet y 10% de mucilago de tuna.

ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA
NORMA:	BLOQUES DE SUELO CEMENTO PARA MUROS Y DIVISIONES "NORMA TÉCNICA COLOMBIANA - NTC 5324"
PROYECTO:	"EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA F'C=40.79 KG/CM2, TOMAY KICHWA - HUANUCO -2024"
SOLICITA:	Bach. Elvis Gerardo Azado Claudio
FECHA:	AGOSTO DEL 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

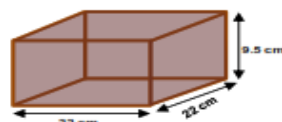
MUESTRA	% DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE ADOBE	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECIMENES				f'c
							Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Area (cm2)	
M-1	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.03 kn	35,284.68 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.90 kg/cm²
M-2	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.12 kn	35,293.86 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.92 kg/cm²
M-3	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.09 kn	35,290.80 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.91 kg/cm²
M-4	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.05 kn	35,286.72 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.91 kg/cm²
M-5	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.14 kn	35,295.90 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.93 kg/cm²
M-6	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.16 kn	35,297.94 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.93 kg/cm²
M-7	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.08 kn	35,289.78 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.91 kg/cm²
M-8	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.11 kn	35,292.84 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.92 kg/cm²
M-9	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.09 kn	35,290.80 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.91 kg/cm²
M-10	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.18 kn	35,299.97 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.93 kg/cm²
M-11	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.13 kn	35,294.88 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.92 kg/cm²
M-12	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.15 kn	35,296.92 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.93 kg/cm²
M-13	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.18 kn	35,299.97 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.93 kg/cm²
M-14	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.09 kn	35,290.80 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.91 kg/cm²
M-15	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.06 kn	35,287.74 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.91 kg/cm²
M-16	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.15 kn	35,296.92 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.93 kg/cm²
M-17	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.08 kn	35,289.78 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.91 kg/cm²
M-18	0.5%; 10%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	346.16 kn	35,297.94 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	72.93 kg/cm²

f'c PROMEDIO 72.92 kg/cm²

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

Pc : Resistencia a la Compresión del Mortero
P : Carga Máxima
A : Área de la Superficie de Carga



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

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardease
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968



MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida con una adición del 0.8% de fibras Pet y 20% de mucilago de tuna.

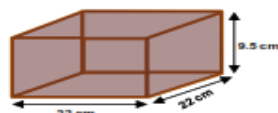
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA
NORMA:	BLOQUES DE SUELO CEMENTO PARA MUROS Y DIVISIONES "NORMA TÉCNICA COLOMBIANA - NTC 5324"
PROYECTO:	"EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA F'C=40.79 KG/CM2, TOMAY KICHWA - HUÁNUCO -2024"
SOLICITA:	Bach. Elvis Gerardo Azado Claudio
FECHA:	AGOSTO DEL 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	% DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE ADOBE	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES				f'c
							Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Area (cm2)	
M-1	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	351.02 kn	35,793.51 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.95 kg/cm²
M-2	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.88 kn	35,779.23 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.92 kg/cm²
M-3	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.81 kn	35,772.10 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.91 kg/cm²
M-4	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	351.03 kn	35,794.53 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.96 kg/cm²
M-5	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.92 kn	35,783.31 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.93 kg/cm²
M-6	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.96 kn	35,787.39 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.94 kg/cm²
M-7	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	351.01 kn	35,792.49 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.95 kg/cm²
M-8	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.89 kn	35,780.25 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.93 kg/cm²
M-9	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.87 kn	35,778.21 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.92 kg/cm²
M-10	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.88 kn	35,779.23 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.92 kg/cm²
M-11	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.95 kn	35,786.37 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.94 kg/cm²
M-12	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.97 kn	35,788.41 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.94 kg/cm²
M-13	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.96 kn	35,787.39 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.94 kg/cm²
M-14	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	351.03 kn	35,794.53 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.96 kg/cm²
M-15	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.92 kn	35,783.31 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.93 kg/cm²
M-16	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.99 kn	35,790.45 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.95 kg/cm²
M-17	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	351.04 kn	35,795.55 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.96 kg/cm²
M-18	0.8%;20%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	351.00 kn	35,791.47 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.95 kg/cm²

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

Pc : Resistencia a la Compresión del Mortero
P : Carga Máxima
A : Área de la Superficie de Carga



f'c PROMEDIO 73.94 kg/cm²

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

[Firma]
Ing. Samuel Jusaito Polanco Pardease
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968



MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida con una adición del 30% de polvo de concreto

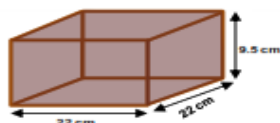
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION EN UNIDADES DE LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA
NORMA:	BLOQUES DE SUELO CEMENTO PARA MUROS Y DIVISIONES "NORMA TÉCNICA COLOMBIANA - NTC 5324"
PROYECTO:	"EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA F'C=40.79 KG/CM2, TOMAY KICHWA - HUÁNUCO -2024"
SOLICITA:	Bach. Elvis Gerardo Azado Claudio
FECHA:	AGOSTO DEL 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	% DE FIBRAS PET Y MUCILAGO DE TUNA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE ADOBE	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES				f'c
							Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Area (cm2)	
M-1	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.66 kn	36,062.71 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.51 kg/cm²
M-2	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.71 kn	36,067.81 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.52 kg/cm²
M-3	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.69 kn	36,065.77 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.52 kg/cm²
M-4	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.73 kn	36,069.85 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.52 kg/cm²
M-5	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.75 kn	36,071.89 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.53 kg/cm²
M-6	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.78 kn	36,074.95 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.54 kg/cm²
M-7	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.76 kn	36,072.91 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.53 kg/cm²
M-8	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.71 kn	36,067.81 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.52 kg/cm²
M-9	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.69 kn	36,065.77 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.52 kg/cm²
M-10	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.79 kn	36,075.97 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.54 kg/cm²
M-11	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.80 kn	36,076.99 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.54 kg/cm²
M-12	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.75 kn	36,071.89 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.53 kg/cm²
M-13	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.68 kn	36,064.75 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.51 kg/cm²
M-14	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.82 kn	36,079.03 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.54 kg/cm²
M-15	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	353.84 kn	36,081.06 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	74.55 kg/cm²
M-16	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	350.99 kn	35,790.45 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.95 kg/cm²
M-17	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	351.04 kn	35,795.55 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.96 kg/cm²
M-18	1.1%;30%	01/08/2024	29/08/2024	28 días	351.00 kn	35,791.47 kg	22.000	22.000	9.500	484.000	73.95 kg/cm²

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

f'c : Resistencia a la Compresión del Mortero
P : Carga Máxima
A : Área de la Superficie de Carga



f'c PROMEDIO 74.43 kg/cm²



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TTC. LABORATORISTA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Palcos Pardo
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

