

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Efecto significativo en la inserción de mallas de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión en la madera tornillo (Cedrelinga Catenaeformis), Huánuco - 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Albornoz Tucto, Mirtha Eulogia

ASESOR: Aguilar Alcantara, Leonel Marlo

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**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 y Tecnología**Sub área:** Ingeniería Civil**Disciplina:** Ingeniería Civil**DATOS DEL PROGRAMA:**

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

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76540139

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	Suarez Landauro, Reynaldo Favio	Maestro en gestión pública	22498065	0000-0002-4641-3797
2	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
3	Granados Martinez, Daisy Guadalupe	Maestro en: gestión del sistema ambiental	44533422	0009-0002-2547-1688



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del dia miércoles 19 de noviembre 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. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO | PRESIDENTE |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | SECRETARIO |
| ❖ MG. DAISY GUADALUPE GRANADOS MARTINEZ | VOCAL |

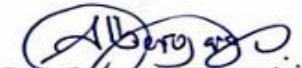
Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2482-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "EFECTO SIGNIFICATIVO EN LA INSERCIÓN DE MALLAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN LA MADERA TORNILLO (CEDRELINGA CATENAEFORMIS), HUÁNUCO - 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach Eulogia Mirtha ALBORNOZ TUCTO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

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

Siendo las 18:00 horas del día 19 del mes de noviembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO
DNI: 22498065
ORCID: 0000-0002-4641-3797
PRESIDENTE


MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
SECRETARIO (A)


MG. DAISY GUADALUPE GRANADOS MARTINEZ
DNI: 44533422
ORCID: 0009-0002-2547-1688
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: MIRTHA EULOGIA ALBORNOZ TUCTO, de la investigación titulada "Efecto significativo en la inserción de mallas de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión en la madera tornillo (Cedrelinga Catenaeformis), Huánuco - 2024", con asesor(a) LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0252-2025-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 20 % 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, 17 de junio de 2025



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



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	search.bvsalud.org Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	silo.tips Fuente de Internet	1%
6	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mis queridos padres Cira Tucto Peña y Jhonet Albornoz Tarazona, por ser mi pilar más fuerte, por cada sacrificio, palabra de aliento y abrazo que me brindaron en los momentos en que más lo necesitaba. Su amor incondicional, su fe inquebrantable en mis capacidades y su ejemplo de perseverancia han sido mi mayor inspiración. Este logro, el título de Ingeniera Civil, es tanto mío como suyo, porque sin su apoyo y guía, este sueño no hubiera sido posible.

A mis amados abuelos Carlos y Crucita, por ser el corazón de nuestra familia, por sus enseñanzas llenas de sabiduría, su cariño infinito y las raíces sólidas que siempre me recordaron la importancia de mantenerme humilde y fuerte. Su amor y apoyo han iluminado mi camino, y cada uno de mis logros lleva consigo un pedacito de su legado.

A ustedes, mi familia, les dedico este triunfo con el corazón lleno de gratitud y amor eterno. Este título no solo es un símbolo de mi esfuerzo, sino también de su confianza en mí y de todo lo que juntos hemos logrado.

AGRADECIMIENTOS

A mi estimado asesor de tesis, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su invaluable orientación, paciencia y apoyo durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y compromiso no solo enriquecieron mi trabajo, sino también mi formación como profesional. Sus palabras de aliento y su confianza en mi capacidad me motivaron a superar cada desafío y alcanzar este logro tan significativo.

A mis profesores, gracias por compartir su conocimiento y por sembrar en mí el amor por la ingeniería civil. Cada lección, consejo y experiencia compartida en las aulas de la Universidad de Huánuco contribuyeron a construir los cimientos de mi carrera profesional. Su dedicación y esfuerzo dejaron una huella imborrable en mi camino.

A la Universidad de Huánuco, por ser el lugar donde descubrí mi pasión por la ingeniería y donde encontré las herramientas necesarias para crecer como profesional. Gracias por ofrecer un espacio académico que fomenta el aprendizaje, el trabajo en equipo y el desarrollo personal.

A mis colegas de estudios, gracias por ser compañeros de esta travesía, por los momentos de aprendizaje compartido, las largas horas de estudio y los sueños que juntos perseguimos. Su amistad y apoyo fueron una fuente de fortaleza en los momentos más desafiantes.

Este logro no es solo el resultado de mi esfuerzo, sino también de cada persona que creyó en mí y me apoyó a lo largo de este camino. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
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.....	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	22
2.2. BASES TEÓRICAS	23
2.2.1. MADERA TORNILLO (CEDRELINGA CATENIFORMIS)	23
2.2.2. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	24
2.2.3. MALLAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	26
2.2.4. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN MADERAS	27
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	29
2.4. HIPÓTESIS	31
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	31
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	31
2.5. VARIABLES	31
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	31
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	32
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
CAPÍTULO III	34
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	34
3.1.1. ENFOQUE	34
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	34
3.1.3. DISEÑO	35
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
3.2.1. POBLACIÓN.....	36
3.2.2. MUESTRA	36
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
3.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37
3.5. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	46

3.6. ASPECTOS ÉTICOS.....	47
CAPÍTULO IV.....	48
RESULTADOS.....	48
4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS	48
4.2. RESULTADOS INFERENCIALES.....	59
CAPÍTULO V.....	67
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	67
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de la muestra.....	37
Tabla 2 Módulo de rotura a la flexión: patrón vs diseño.....	48
Tabla 3 Medias del módulo de rotura a la flexión de las muestras patrón y de diseño	49
Tabla 4 Módulo de rotura a la flexión: muestra con 1 capa de malla HDPE vs. muestra patrón.....	50
Tabla 5 Medias del módulo de rotura a la flexión de las muestras con 1 capa de malla HDPE y de muestras patrón	51
Tabla 6 Módulo de rotura a la flexión: muestras con 2 capas de malla HDPE vs. muestra patrón	52
Tabla 7 Medias del módulo de rotura a la flexión de las muestras con 2 capas de malla HDPE y de muestras patrón	53
Tabla 8 Módulo de rotura a la flexión: muestras con 3 capas de malla HDPE vs. muestra patrón	54
Tabla 9 Medias del módulo de rotura a la flexión de las muestras con 3 capas de malla HDPE y de muestras patrón	55
Tabla 10 Módulo de rotura a la flexión promedio vs. muestras patrón.....	56
Tabla 11 Medias del módulo de rotura a la flexión promedio y de muestras patrón.....	57
Tabla 12 Prueba de normalidad del módulo de rotura a flexión promedio con 1, 2 y 3 capas de malla HDPE (Kg/cm ²) y para las muestras patrón (Kg/cm ²)	59
Tabla 13 Prueba T Student: Módulo de rotura a flexión para muestras de madera tornillo con 1, 2 y 3 capas de malla HDPE vs muestras patrón	60
Tabla 14 Prueba de normalidad: módulo de rotura a flexión con 1 capa de malla HDPE vs muestras patrón	61
Tabla 15 Prueba T de Student: módulo de rotura a flexión con 1 capa de malla HDPE vs muestras patrón	62
Tabla 16 Prueba de normalidad: módulo de rotura a flexión con 2 capas de malla HDPE vs muestras patrón.....	63
Tabla 17 Prueba T de Student: módulo de rotura a flexión con 2 capas de malla HDPE vs muestras patrón	64

Tabla 18 Prueba de normalidad: módulo de rotura a flexión con 3 capas de malla HDPE vs muestras patrón	65
Tabla 19 Prueba T de Student: módulo de rotura a flexión con 3 capas de malla HDPE vs muestras patrón	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Malla Raschel HDPE	25
Figura 2 Ensayo a flexión	27
Figura 3 Preparación de las muestras de madera tornillo	38
Figura 4 Elaboración de las muestras de madera tornillo con 1, 2 y 3 capas de malla HDPE y prensado.....	39
Figura 5 Elaboración de las muestras de madera tornillo con 1, 2 y 3 capas de malla HDPE	39
Figura 6 Habilitación de las muestras de madera tornillo con 1, 2 y 3 capas de malla HDPE para el ensayo a flexión.....	40
Figura 7 Colocación de la muestra patrón de madera tornillo sobre la máquina de ensayo	40
Figura 8 Capacidad de carga sobre la muestra patrón de madera tornillo ..	41
Figura 9 Resultado del ensayo a flexión de la muestra patrón de madera tornillo	41
Figura 10 Colocación de la muestra de madera tornillo con 1 capa de malla HDPE sobre la máquina de ensayo	42
Figura 11 Capacidad de carga sobre la muestra de madera tornillo con 1 capa de malla HDPE	42
Figura 12 Resultado del ensayo a flexión de la muestra de madera tornillo con 1 capa de malla HDPE.....	43
Figura 13 Colocación de la muestra de madera tornillo con 2 capa de malla HDPE sobre la máquina de ensayo	43
Figura 14 Capacidad de carga sobre la muestra de madera tornillo con 2 capas de malla HDPE.....	44
Figura 15 Resultado del ensayo a flexión de la muestra de madera tornillo con 2 capas de malla HDPE	44
Figura 16 Colocación de la muestra de madera tornillo con 3 capas de malla HDPE sobre la máquina de ensayo	45
Figura 17 Capacidad de carga sobre la muestra de madera tornillo con 3 capas de malla HDPE.....	45
Figura 18 Resultado del ensayo a flexión de la muestra de madera tornillo con 3 capas de malla HDPE	46

Figura 19 Módulo de rotura a flexión: patrón vs. diseño	49
Figura 20 Módulo de rotura a flexión: con una capa de malla HDPE vs. muestra patrón.....	51
Figura 21 Módulo de rotura a flexión: con 2 capas de malla HDPE vs. muestra patrón.....	53
Figura 22 Módulo de rotura a flexión: con 3 capas de malla HDPE vs. muestra patrón.....	55
Figura 23 Módulo de rotura a la flexión promedio vs. muestras patrón	57
Figura 24 Comparación de resistencia a la flexión de la madera tornillo: 0 capas de mallas de HDPE, 1 capa de malla de HDPE, 2 capas de malla de HDPE, 3 capas de malla de HDPE y el promedio de 1, 2, y 3 capas de malla HDPE	58

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo principal determinar si la inserción de mallas de polietileno de alta densidad (HDPE) mejora significativamente la resistencia a la flexión de esta especie de madera. Este trabajo se enfoca en analizar una de las propiedades mecánicas más relevantes para aplicaciones estructurales: el módulo de rotura a la flexión, considerando la implementación de refuerzos con mallas de HDPE como un tratamiento que potencialmente optimiza dicha propiedad.

El diseño experimental incluyó muestras de madera tornillo en su estado natural (muestras patrón) y muestras reforzadas con una, dos y tres capas de mallas de HDPE. Después de someter estas muestras a ensayos de flexión, se obtuvieron valores de módulo de rotura que reflejan una mejora en las propiedades mecánicas de la madera tratada. Los resultados mostraron que el módulo de rotura promedio de las muestras reforzadas fue de 228,05 kg/cm², superior al módulo de rotura de las muestras patrón, que fue de 206,57 kg/cm². Esta diferencia evidencia un incremento en la capacidad de la madera reforzada para resistir esfuerzos de flexión.

El análisis estadístico inferencial mediante la prueba T Student confirmó la significancia de estos resultados. Con un valor *t* de 11,665 y un nivel de significancia bilateral menor a 0.001, se concluyó que las diferencias observadas entre las medias de los módulos de rotura son estadísticamente significativas. Esto refuerza la hipótesis de que la inserción de mallas de HDPE mejora sustancialmente el comportamiento de la madera tornillo bajo fuerzas de flexión.

En conclusión, los resultados de este estudio demuestran que la inserción de mallas de polietileno de alta densidad es una estrategia efectiva para aumentar la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

Palabras clave: Madera, Cedrelinga cateniformis, Polietileno de alta densidad, Mallas, resistencia a la flexión.

ABSTRACT

The primary objective of this study is to determine whether the insertion of high-density polyethylene (HDPE) meshes significantly improves the flexural strength of this wood species. This research focuses on analyzing one of the most relevant mechanical properties for structural applications: the modulus of rupture in flexion, considering the implementation of HDPE mesh reinforcements as a treatment that potentially optimizes this property.

The experimental design included samples of tornillo wood in its natural state (control samples) and samples reinforced with one, two, and three layers of HDPE meshes. After subjecting these samples to bending tests, modulus of rupture values were obtained, reflecting an improvement in the mechanical properties of the treated wood. The results showed that the average modulus of rupture of the reinforced samples was 228,05 kg/cm², higher than the modulus of rupture of the control samples, which was 206,57 kg/cm². This difference demonstrates an increase in the capacity of the reinforced wood to withstand bending stresses.

Inferential statistical analysis using the T Student test confirmed the significance of these results. With a t-value of 1,.665 and a bilateral significance level less than 0.001, it was concluded that the differences observed between the means of the modulus of rupture are statistically significant. This reinforces the hypothesis that the insertion of HDPE meshes substantially improves the behavior of tornillo wood under bending forces.

In conclusion, the results of this study demonstrate that the insertion of high-density polyethylene meshes is an effective strategy to enhance the flexural strength of tornillo wood.

Keywords: Wood, *Cedrela* *cateniformis*, High-density polyethylene, Meshes, Flexural strength.

INTRODUCCIÓN

La madera es uno de los materiales más utilizados en la construcción y en diversas aplicaciones estructurales debido a su versatilidad, sostenibilidad y propiedades mecánicas. Sin embargo, su comportamiento ante esfuerzos mecánicos como la flexión puede limitar su uso en condiciones exigentes. Por ello, la búsqueda de técnicas que mejoren las propiedades mecánicas de la madera es una línea de investigación relevante en el ámbito de los materiales. En este contexto, la presente investigación evalúa el efecto de la inserción de mallas de polietileno de alta densidad (HDPE) en la resistencia a la flexión de la madera tornillo (*Cedrelinga cateniformis*), una especie ampliamente utilizada en la región de Huánuco.

El objetivo principal de este estudio es determinar si la incorporación de mallas de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo. Para ello, se analiza una de sus propiedades mecánicas más relevantes, el módulo de rotura a la flexión, a partir de muestras patrón y de muestras reforzadas con una, dos y tres capas de mallas de HDPE. Este tratamiento busca no solo mejorar la capacidad de la madera para resistir esfuerzos mecánicos, sino también ampliar su rango de aplicaciones en condiciones que requieren mayor durabilidad y resistencia.

La metodología adoptada en este estudio es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño cuasi experimental. Se llevaron a cabo ensayos de flexión bajo condiciones controladas para comparar los módulos de rotura de las muestras patrón con los de las muestras reforzadas. Los resultados obtenidos evidenciaron que el módulo de rotura promedio de las muestras reforzadas fue superior en comparación con las muestras patrón, lo que representa una mejora significativa.

Los resultados de esta investigación demuestran que la inserción de mallas de HDPE es una estrategia efectiva para incrementar la resistencia a la flexión de la madera tornillo. Este avance no solo contribuye al conocimiento sobre el comportamiento de los materiales reforzados, sino que también abre posibilidades para el desarrollo de soluciones innovadoras que mejoren la competitividad y funcionalidad de los productos derivados de la madera. La

relevancia de este estudio radica en su potencial aplicación en el sector construcción, promoviendo el uso de materiales renovables con propiedades optimizadas para satisfacer las crecientes demandas de resistencia y sostenibilidad en los proyectos actuales.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La Cedrelinga Catenaeformis, comúnmente conocida como madera tornillo, es una especie de árbol valiosa por su madera de alta calidad en la industria de la construcción y la carpintería. Sin embargo, a pesar de su reputación en la industria, la madera tornillo puede ser susceptible a deformaciones y fisuras debido a diversos factores, como la variabilidad en las condiciones ambientales (Chichignoud, 1990).

La madera tornillo es un recurso importante en la industria maderera, pero su uso se ve limitado por problemas de deformación y flexión que pueden afectar su calidad y durabilidad. La inserción de mallas de polietileno de alta densidad se ha propuesto como una posible solución para mejorar la resistencia a la flexión de esta madera. Sin embargo, existe una falta de investigaciones científicas sólidas que respalden esta idea.

Este estudio se centrará en evaluar específicamente el impacto de la inserción de mallas de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, con un enfoque en las condiciones específicas de un entorno controlado de laboratorio.

A pesar de que se han explorado diversos métodos para mejorar la resistencia y la calidad de la madera, hay una falta de investigación empírica que se haya centrado en la aplicación de mallas de polietileno de alta densidad en la Cedrelinga Catenaeformis para mitigar los problemas de flexión y deformación.

El objetivo principal de este estudio es determinar si la inserción de mallas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo. Además, se busca cuantificar la magnitud de este efecto y analizar sus posibles implicaciones en la industria maderera. El estudio se centra en estudiar una de las propiedades mecánicas de la madera que en este caso es la resistencia a la flexión, para nuestro caso

se está planteando para una madera con refuerzos de malla de polietileno de alta densidad nuestro objetivo es que este tratamiento a la madera mejore la mencionada propiedad mecánica, por lo tanto no es necesario especificar el problema encontrado en la localidad ya que nuestro problema se enfoca en mejorar la resistencia a la flexión para lo cual será necesario el uso de laboratorio para contrastar nuestras hipótesis planteadas

La resistencia de la madera de tornillo varía según su calidad, edad y tratamiento recibido. Generalmente, su resistencia a la compresión paralela a las fibras se sitúa entre 40 y 60 MPa, mientras que la resistencia a la flexión oscila entre 80 y 120 MPa. Además, el módulo de elasticidad de esta madera se encuentra entre 10,000 y 12,000 MPa. Estos valores son aproximados y pueden fluctuar en función de factores específicos del lote, como el contenido de humedad y cualquier tratamiento previo que haya recibido la madera (Torres Medina, 2010).

La vida útil de la madera de tornillo varía según su uso y las condiciones a las que esté expuesta. En ambientes exteriores sin protección, su durabilidad puede reducirse debido a la intemperie, humedad y plagas. Sin embargo, con un tratamiento adecuado empleando selladores, barnices, tratamientos antiparasitarios y un mantenimiento regular, su vida útil puede extenderse considerablemente. En condiciones óptimas y con un cuidado apropiado, la madera de tornillo puede perdurar entre 20 y 40 años o más. En contraste, su durabilidad puede disminuir significativamente si se encuentra en condiciones adversas o si no recibe el mantenimiento adecuado (Torres Medina, 2010).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Tiene la inserción de mallas de polietileno de alta densidad un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo (Cedrelinga Catenaeformis), Huánuco - 2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuál será el efecto de la inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo?

¿Cuál será el efecto de la inserción de 2 capas de mallas Raschel de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo?

¿Cuál será el efecto de la inserción de 3 capas de mallas Raschel de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar si la inserción de mallas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, Huánuco - 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el efecto de la inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

Determinar el efecto de la inserción de 2 capas de mallas Raschel de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

Determinar el efecto de la inserción de 3 capas de mallas Raschel de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La investigación busco determinar el efecto de la resistencia a la flexión en la madera tornillo con inserción de mallas de polietileno de alta densidad para uso estructural. Los resultados han tenido implicaciones significativas en la selección y aplicación de materiales en la construcción y la ingeniería estructural.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Este estudio se fundamenta en principios sólidos vinculados a la resistencia de los materiales. La evaluación de la resistencia a la flexión es un aspecto fundamental en el campo de la ingeniería civil, y comprender su comportamiento ante cargas es de vital importancia.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La investigación sobre la resistencia a la flexión de la madera tornillo con inserción de mallas de polietileno de alta densidad para uso estructural tiene una justificación práctica sólida, ya que puede mejorar significativamente en la eficiencia en la construcción, la seguridad, la sostenibilidad y el fomento de la innovación en el campo de la ingeniería y la construcción.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La base metodológica de esta investigación se justifica por la necesidad de desarrollar un método confiable y preciso que permita evaluar de manera efectiva el efecto de la incorporación de mallas de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión de la madera tornillo. Se ha empleado el ensayo de flexión, para analizar cómo cambia la resistencia a la flexión de la madera tornillo cuando se introducen diferentes proporciones de mallas de polietileno de alta densidad.

1.5 LIMITACIONES

Las limitaciones de este estudio se verán influenciadas por la restricción financiera, ya que el investigador deberá cubrir los costos. Es importante tener en cuenta que las actividades en el laboratorio no deberán exceder el tiempo planificado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Cruz (2022), en su estudio "Análisis de las Propiedades Físico-Mecánicas de Madera Estructural Ecuatoriana y su Aplicación en el Diseño de Vivienda Social", desarrollada como tesis de pregrado y realizada en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador tuvo como objetivo determinar las propiedades físico-mecánicas de 9 especies de madera utilizadas en construcción para evaluar su aplicabilidad en viviendas de interés social. Con un enfoque cuantitativo y un diseño experimental de nivel descriptivo y explicativo, se realizaron ensayos de compresión paralela y perpendicular, flexión estática y tracción paralela a la fibra, ajustando los resultados a un 12% de humedad. Los resultados evidenciaron que el Yumbingue presentó las mayores resistencias en compresión paralela, compresión perpendicular y tracción, mientras que el Intachi destacó en resistencia a flexión. El Eucalipto, aunque más económico, mostró valores satisfactorios en todas las propiedades mecánicas analizadas, lo que permitió diseñar y presupuestar una vivienda de interés social utilizando este material como principal en la estructura. En conclusión, la investigación demostró que el Eucalipto es una opción viable para proyectos de vivienda social debido a su equilibrio entre costo y propiedades mecánicas, mientras que el Yumbingue y el Intachi son idóneos para aplicaciones específicas que requieren alta resistencia, proporcionando información valiosa para optimizar el uso de madera estructural en la construcción en Ecuador.

Sánchez (2021), en su investigación titulada: "Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto (*Eucalyptus*), provenientes de la provincia de Tungurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo a la norma ecuatoriana de la construcción 2015 (NEC 2015)", como tesis de pregrado y realizada en

la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, tuvo como objetivo principal de esta investigación fue determinar las propiedades mecánicas del eucalipto (*Eucalyptus*) en la provincia de Tungurahua, enfocándose en los esfuerzos máximos y módulos de elasticidad en flexión axial y tracción paralelo a la fibra, como base para el diseño de elementos estructurales y no estructurales. Los resultados mostraron que el esfuerzo máximo a flexión promedio del eucalipto de Tungurahua fue de 63.79 MPa, superando el esfuerzo admisible de 15 MPa establecido por la NEC 2015 para la categoría de madera estructural Tipo B. Esto posiciona al eucalipto como un material apto para aplicaciones estructurales. En conclusión, el eucalipto de Tungurahua cumple con las exigencias para ser clasificado como madera estructural Tipo B, destacándose por su alta resistencia a flexión y su potencial para la construcción de elementos estructurales y no estructurales.

Feijoo y Núñez (2021), la investigación titulada "Valoración de Propiedades Físicas del PET y Maderas como Alternativa para el Uso en Fortificación Minera", como tesis de pregrado, realizada en la Universidad Nacional del Azuay, Ecuador, tuvo como objetivo evaluar si el polietileno de tereftalato (PET) reciclado con la adición de arena puede ser una alternativa efectiva al uso de madera en estructuras de fortificación minera, evaluando sus propiedades físicas como resistencia a la compresión, flexión, pandeo y corte. Con un enfoque cuantitativo y diseño experimental, se realizaron ensayos físicos sobre probetas compuestas de PET reciclado y probetas de maderas comunes (eucalipto, teca y pino). Los resultados indicaron que el PET reciclado con arena presenta algunas ventajas en cuanto a resistencia al pandeo y al corte, pero no superó completamente las propiedades de las maderas evaluadas, como la resistencia a la compresión y a la flexión, en todos los casos. En conclusión, el PET reciclado con arena muestra un potencial como material alternativo para la fortificación minera, pero no alcanza los niveles de resistencia de las maderas comúnmente usadas en este ámbito, lo que limita su viabilidad como sustituto completo.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Vasquez (2023), en su investigación, “Evaluación estructural de la madera habilitada “pinus radiata”, centro poblado Santa Clara, Distrito de Chalamarca, Chota, 2021”, desarrollada como tesis de pregrado en la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Perú. Se centró en evaluar la madera de pino radiata según la norma E.010 (MVCS, 2014). Los esfuerzos admisibles a flexión, compresión paralela, perpendicular, tracción paralela y corte paralelo son 81.79 kg/cm², 90.25 kg/cm², 112.53 kg/cm², 143.63 kg/cm² y 8.10 kg/cm² respectivamente. Aunque la madera cumple con los valores mínimos del grupo C en términos de densidad básica, módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles a compresión, tracción y corte, el esfuerzo admisible a flexión está por debajo de los 100 kg/cm² (MVCS, 2014). Para abordar este tema, el autor concluye que la madera no puede clasificarse dentro del grupo C.

Caytuiro (2023), en su investigación titulada: “Resistencia a flexión en vigas de madera eucalyptus globulus de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau - Apurímac, 2022”. Realizada como tesis de pregrado en la Universidad Tecnológica de los Andes, Perú, tuvo como objetivo determinar la resistencia a flexión de vigas de madera de Eucalyptus globulus de diferentes edades (25, 50 y 75 años) para su aplicación en la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac. La metodología empleada fue de tipo aplicativo, con nivel descriptivo, diseño experimental y enfoque cuantitativo. Se realizaron ensayos de flexión en 36 vigas a escala, considerando tres dimensiones y cuatro unidades por cada edad en condiciones secas y ambiente apto para construcción. Los resultados mostraron que la resistencia a flexión fue de 69.39 MPa para 25 años, 79.33 MPa para 50 años y 82.37 MPa para 75 años. El esfuerzo admisible a flexión aumentó con la edad, alcanzando 17.52 MPa en vigas de 75 años, mientras que el módulo de elasticidad promedio fue mayor en vigas de 50 años (10643.93 MPa). En conclusión, la madera de Eucalyptus globulus de mayor edad en condición seca es adecuada para aplicaciones estructurales debido a su mayor resistencia y módulo de

elasticidad, proporcionando seguridad y manteniendo la estética tradicional de las viviendas rurales.

Quispe (2023), la investigación titulada "Comparación de la resistencia a la flexión entre vigas de bambú Guadua y Shihuahuaco", realizada como tesis de pregrado en la Universidad César Vallejo, Perú, tuvo como objetivo evaluar y comparar las propiedades mecánicas del bambú Guadua y la madera de Shihuahuaco en términos de su resistencia a la flexión. Con un enfoque cuantitativo y diseño experimental, se realizaron ensayos de flexión en 20 vigas de cada material, siguiendo normas NTP y ASTM. Los resultados revelaron que la madera de Shihuahuaco presentó una resistencia significativamente mayor en comparación con el bambú Guadua, destacándose como un material adecuado para aplicaciones estructurales de alta exigencia. Por su parte, el bambú Guadua, aunque con valores inferiores en resistencia, mostró un desempeño satisfactorio, lo que lo convierte en una opción viable para proyectos de construcción sostenibles y de menor carga estructural. En conclusión, el estudio demostró que el Shihuahuaco es más adecuado para aplicaciones que requieren alta resistencia a la flexión, mientras que el bambú Guadua es una opción funcional y ecológica para construcciones de menor exigencia.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

De La Rosa (2024), la investigación titulada "Análisis comparativo de la resistencia a compresión de madera laminada tornillo con madera cachimbo y blanca para uso estructural - Huánuco - 2024", realizada como tesis de pregrado en la Universidad de Huánuco, Perú, tuvo como objetivo evaluar y comparar las propiedades mecánicas del bambú Guadua y la madera de Shihuahuaco en términos de su resistencia a la flexión. Con un enfoque cuantitativo y diseño experimental, se realizaron ensayos de flexión según normas NTP y ASTM en 20 vigas de cada material. Los resultados mostraron que la madera de Shihuahuaco presentó una resistencia significativamente mayor, siendo ideal para aplicaciones estructurales de alta carga, mientras que el bambú Guadua,

aunque con valores inferiores, demostró una resistencia satisfactoria, posicionándose como una opción viable y sostenible para proyectos de menor carga. En conclusión, el estudio resalta que el Shihuahuaco es más adecuado para estructuras de alta exigencia, mientras que el bambú Guadua ofrece una alternativa funcional y ecológica en proyectos sostenibles de menor carga.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MADERA TORNILLO (CEDRELINGA CATENIFORMIS)

Cedrelinga cateniformis es una especie arbórea que se ubica en el reino Plantae, filo Angiospermas, clase Eudicotiledóneas, orden Fabales, familia Fabaceae y género Cedrelinga. A nivel específico, esta especie se identifica como *Cedrelinga cateniformis* (Saccarello, 2010).

Descripción y morfología de la especie

Cedrelinga cateniformis es un árbol de gran tamaño que puede alcanzar alturas de hasta 40 metros. Sus hojas son bipinnadas, con folíolos elípticos dispuestos de manera alterna en las ramas. Las flores de *Cedrelinga cateniformis* son hermafroditas y se caracterizan por su color blanco a amarillo claro. Los frutos son legumbres alargadas y planas, que contienen numerosas semillas aladas (MADEXO, 2017).

Distribución geográfica

Cedrelinga cateniformis es una especie nativa de América del Sur y se encuentra principalmente en regiones tropicales y subtropicales de países como Brasil, Perú, Colombia, Ecuador y Venezuela. Es importante comprender su distribución geográfica para evaluar su disponibilidad y aprovechamiento sostenible (Trade Forest Perú, 2020).

Propiedades mecánicas de la madera

La madera de *Cedrelinga cateniformis* presenta propiedades mecánicas valiosas. Se caracteriza por su baja densidad, lo que la hace fácil de trabajar, y por su durabilidad. La madera tiene un grano recto y

uniforme, lo que la convierte en una elección preferida en aplicaciones de construcción, carpintería, y fabricación de muebles. Además, es resistente a insectos y hongos, lo que la hace adecuada para aplicaciones en ambientes adversos (Trade Forest Perú, 2020).

Usos y aplicaciones de la madera

La madera de Cedrelinga cateniformis se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluyendo la construcción de muebles, revestimientos, pisos, carpintería, y en la fabricación de instrumentos musicales. Su facilidad de trabajo y su atractivo aspecto estético la hacen adecuada para aplicaciones decorativas y funcionales en la industria de la madera (López y Cárdenas, 2002).

2.2.2. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

El Polietileno de Alta Densidad (HDPE, por sus siglas en inglés High-Density Polyethylene) es un polímero termoplástico ampliamente utilizado en una variedad de aplicaciones debido a sus excelentes propiedades físicas y químicas. El HDPE se deriva del etileno y se caracteriza por su alta densidad molecular, lo que le confiere una estructura compacta y una mayor resistencia a la tracción en comparación con otros polietilenos. En esta investigación, se explorarán la estructura química, las propiedades mecánicas y químicas, así como las ventajas y desventajas del HDPE (Rojas, 2023).

Figura 1
Malla Raschel HDPE



Nota. Las mallas Raschel de HDPE. *Fuente:* PROMART HOMECENTER (2020).

Estructura Química

El HDPE es un polímero formado por la polimerización del etileno. Su estructura química se compone de unidades repetitivas de etileno, que consisten en dos átomos de carbono y cuatro átomos de hidrógeno. Estas unidades se enlazan mediante enlaces covalentes simples, lo que da como resultado una cadena lineal de alta densidad con grupos metilo (-CH₂-) en los átomos de carbono. La falta de ramificaciones en su estructura molecular le otorga una alta cristalinidad y densidad (Rojas, 2023).

Propiedades Mecánicas

El HDPE exhibe una resistencia a la tracción significativamente alta, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren soportar cargas considerables. A pesar de su alta densidad, el HDPE es flexible y puede doblarse sin romperse, lo que lo hace útil en aplicaciones donde se necesita cierta flexibilidad. Tiene una alta tenacidad, lo que significa que puede resistir impactos y tensiones repetidas sin deformarse de manera permanente (Callister, 1996).

Propiedades Químicas

El HDPE es resistente a una amplia variedad de productos químicos, incluyendo ácidos, bases y solventes. Esto lo hace adecuado para aplicaciones en las que se necesita resistencia química. El HDPE es considerado un material inerte, lo que significa que no reacciona químicamente con la mayoría de las sustancias. Tiene una baja permeabilidad a la humedad y a los gases, lo que lo hace útil en aplicaciones donde se requiere un sellado efectivo (Primo Yúfera, 2007).

Ventajas y Desventajas

Como ventajas el HDPE tiene ligereza y facilidad de manipulación, durabilidad y larga vida útil, Reciclabilidad. Las desventajas son vulnerables a la degradación por luz ultravioleta (UV) si no se estabiliza adecuadamente y presenta dificultades de adherencia con adhesivos convencionales debido a su baja energía superficial (Primo Yúfera, 2007).

2.2.3. MALLAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

Las mallas de polietileno de alta densidad (HDPE) son materiales compuestos fabricados a partir de fibras de HDPE tejidas en una estructura de red. Estas mallas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, que incluyen la agricultura, la construcción, la industria pesquera, la ingeniería civil y la protección ambiental. La elección de las mallas de HDPE se debe a sus propiedades únicas que las hacen adecuadas para diversas aplicaciones (Möller, 2015).

Propiedades de las Mallas de HDPE

Las mallas de HDPE presentan una serie de propiedades deseables, como resistencia a la intemperie, resistencia a la corrosión, ligereza y flexibilidad. Son ampliamente utilizadas en aplicaciones agrícolas (como redes de sombra y mallas antiinsectos), en la construcción (como refuerzo para concreto), en aplicaciones de filtración y en la industria del embalaje. (Álvarez Martínez, 2010).

2.2.4. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN MADERAS

La resistencia a la flexión es una propiedad mecánica fundamental de la madera que se refiere a su capacidad para soportar cargas aplicadas en dirección perpendicular a la longitud de una pieza de madera. Esta propiedad es de gran importancia en diversas aplicaciones de la madera, como la construcción de estructuras, la fabricación de muebles y la ingeniería de la madera (AIMPLAS, 2020).

Figura 2
Ensayo a flexión



Nota. Ensayo a flexión de madera. Fuente: La imagen fue sacada de la tesis “Evaluación del comportamiento estructural de la madera tornillo dependiendo del contenido de humedad – Chiclayo” (Vásquez Bernal, 2021).

Estructura de la Madera

La madera es un material compuesto por fibras de celulosa y lignina dispuestas en una estructura celular. La estructura de la madera se compone de células llamadas tráqueas, que están alineadas en dirección longitudinal a lo largo del tronco del árbol. La disposición de estas

tráqueas y las fibras de colágeno en la madera contribuyen a su resistencia a la flexión (Echavarría, 2023).

Factores que Influyen en la Resistencia a la Flexión

La densidad es un factor importante que influye en la resistencia a la flexión de la madera. En general, la madera más densa tiende a ser más resistente a la flexión, ya que tiene una mayor cantidad de material para soportar las fuerzas aplicadas (Pacini, 2021).

La humedad puede afectar significativamente la resistencia a la flexión de la madera. La madera seca tiende a ser más fuerte que la madera húmeda debido a la reducción de la flexibilidad y la pérdida de fuerza en las fibras de colágeno en presencia de agua (Pacini, 2021).

La orientación de las fibras en la madera también es crucial. La resistencia a la flexión es más alta cuando se aplica la carga perpendicularmente a la dirección de las fibras (madera de duramen) en comparación con la dirección paralela a las fibras (madera de albura) (Pacini, 2021).

Métodos de Prueba

El ensayo de resistencia a la flexión en maderas es una prueba que se realiza para evaluar la capacidad de un material de madera para soportar cargas aplicadas en una dirección perpendicular a la longitud de una pieza de madera. Este ensayo es fundamental para comprender cómo una viga de madera se comportará bajo carga y es especialmente relevante en aplicaciones de ingeniería y construcción, donde las vigas y los elementos estructurales de madera deben cumplir con ciertos estándares de resistencia (AIMPLAS, 2020).

Aplicaciones Prácticas

La resistencia a la flexión es un parámetro crítico en la construcción de estructuras de madera, como vigas, columnas y puentes. También es importante en la fabricación de muebles, carpintería y la industria de la madera contrachapada. Comprender la resistencia a la flexión de la

madera es esencial para garantizar la seguridad y la eficiencia de estas aplicaciones (Echavarría, 2023).

Norma peruana para ensayo a flexión en maderas

La Norma Técnica Peruana (NTP) 251.017 establece los métodos de ensayo para determinar la resistencia a la flexión estática de la madera, crucial para evaluar su capacidad de soportar cargas perpendiculares a su eje longitudinal. Según esta normativa, las dimensiones de las muestras varían: el método primario usa probetas de 5 cm x 5 cm x 76 cm de longitud (con una luz de 70 cm), mientras que el secundario usa probetas de 2,5 cm x 2,5 cm x 41 cm de longitud (con una luz de 35 cm). En el ensayo de laboratorio, la localización del plano neutro se realiza usando cualquier método adecuado para calcular las deformaciones a partir de dicho plano. La carga se aplica en el centro de la muestra, con una distancia entre los soportes de 35 cm para probetas grandes y de 17,5 cm para probetas pequeñas. Se instalan placas de acero con rodillos entre la probeta y los soportes, y la fuerza se aplica mediante el cabezal o bloque de carga, en la cara tangencial de la probeta más próxima a la médula (NTP 251.017, 2014).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Madera tornillo: Es un material natural ampliamente utilizado en la construcción y la carpintería debido a su versatilidad, durabilidad y aspecto estético (Hibbeler, 2006).

Putrefacción: Proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, generalmente de origen animal o vegetal, que involucra la descomposición y descomposición de los tejidos por la acción de microorganismos, como bacterias y hongos, junto con la liberación de gases, (Llata Loyola, 2003).

Sobreexplotación: Uso excesivo o no sostenible de recursos naturales, como la pesca excesiva, la extracción de agua de los acuíferos a un ritmo más rápido de lo que se recarga, o la tala excesiva de árboles, que agota los

recursos de manera que no pueden regenerarse de manera sostenible, (Castillo Martín et al., 1989)

Polímero Termoplástico: Es un tipo de polímero que, cuando se calienta, se vuelve suave y maleable, permitiendo que se moldee o forme en diferentes geometrías. Cuando se enfria, vuelve a solidificarse y puede repetir este proceso varias veces sin sufrir degradación significativa, (Callister, 1996).

Polimerización: Proceso químico mediante el cual se forman macromoléculas llamadas polímeros a partir de unidades moleculares más pequeñas llamadas monómeros, (Ceausescu, 1984)

Etileno: Hidrocarburo gaseoso, conocido como C₂H₄, que es una molécula simple compuesta por dos átomos de carbono y cuatro de hidrógeno, (Ceausescu, 1984).

Carga aplicada: Magnitud y la distribución de la carga que se aplicará sobre el suelo son factores críticos. Las estructuras pesadas o cargas concentradas pueden requerir una capacidad portante mayor (Mayori, 2014).

Flexión: Tipo de deformación que ocurre cuando un material, como un sólido o una viga, se dobla debido a la aplicación de una fuerza que actúa perpendicularmente a su longitud (Salán Ballesteros, 2009).

Tracción: Fuerza que actúa para estirar o alargar un objeto o material. Se aplica a lo largo de su eje longitudinal, lo que tiende a separar sus partículas o componentes, (Salán Ballesteros, 2009).

Abrasión: Es el desgaste o la erosión de un material o superficie debido al contacto y la fricción con partículas duras, ásperas o afiladas (Tapia, 2020).

Extrusión: Proceso de fabricación en el que un material, típicamente plástico, metal o cerámica, se fuerza a través de una matriz o troquel en una forma continua y con una sección transversal específica, (Ramos de Valle, 1993).

Geomembranas: Láminas impermeables fabricadas a partir de polímeros, como el polietileno de alta densidad (PEAD) o el cloruro de

polivinilo (PVC), que se utilizan para controlar la infiltración de líquidos, (Llanos, 2003).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H_0 : La inserción de mallas de polietileno de alta densidad NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, Huánuco - 2024.

H_a : La inserción de mallas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, Huánuco - 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H_01 : La inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

H_{a1} : La inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

H_02 : La inserción de 2 capas de mallas Raschel de HDPE NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

H_{a2} : La inserción de 2 capas de mallas Raschel de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

H_03 : La inserción de 3 capas de mallas Raschel de HDPE NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

H_{a3} : La inserción de 3 capas de mallas Raschel de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Resistencia a la flexión de la madera.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Mallas Raschel de HDPE.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
VARIABLE INDEPENDIENTE : Mallas Raschel de HDPE	Las mallas de polietileno de alta densidad (HDPE) son materiales compuestos fabricados a partir de fibras de HDPE tejidas en una estructura de red. Estas mallas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, que incluyen la agricultura, la construcción, la industria pesquera, la ingeniería civil y la protección ambiental (Möller, 2015).	Las mallas de HDPE se medirán en área las cuales se insertarán en la madera blanca. Las dimensiones de estas mallas serán de ancho 2 cm y largo 10 cm.	Polietileno de alta densidad (HDPE)	-Alta densidad -Resistencia a la tracción -Resistencia química -Baja absorción de agua -Durabilidad -Resistencia al impacto	Norma técnica peruana NTP 251.017	La escala empleada es escalar o de razón.
VARIABLE DEPENDIENTE: Resistencia a la flexión de la madera	La resistencia a la flexión es una propiedad mecánica fundamental de la madera que se refiere a su capacidad para soportar cargas aplicadas en dirección perpendicular a la longitud de una pieza de madera. Esta propiedad es de gran importancia en diversas aplicaciones de la madera, como la construcción de estructuras (AIMPLAS, 2020).	Este valor se obtendrá en laboratorio para lo cual se empleará la máquina de ensayo de flexión.	Mallas	-Color -Textura -Flexibilidad	Ficha de laboratorio del ensayo flexión.	La escala empleada es escalar o de razón.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación aplicada se enfoca en la resolución de problemas prácticos y en la generación de conocimientos que tengan aplicaciones directas en la vida real. A diferencia de la investigación pura o básica, que se dedica a la comprensión de principios fundamentales y teorías subyacentes (Quezada, 2010).

Se investigó el comportamiento de la madera de tornillo con mallas de polietileno de alta densidad incrustadas en términos de su resistencia a la flexión. Se analizó el impacto de esta modificación en la capacidad de la madera para soportar cargas de flexión, considerándola como si fuera una viga estructural.

3.1.1. ENFOQUE

Este estudio se centra en un enfoque cuantitativo, que implica la recolección y análisis de datos numéricos y estadísticas. Esto se realiza con el propósito de responder a las preguntas de investigación y verificar la hipótesis planteada (Zacarías y Supo, 2020)

Nuestra investigación se adhirió a un enfoque cuantitativo que priorizó la objetividad y la medición precisa de las variables. Esto se hizo con el propósito de obtener resultados claros y cuantificables, y se llevó a cabo a través de procesos secuenciales para poner a prueba las hipótesis. Cabe destacar que los datos analizados fueron de naturaleza numérica, como fue el caso de la resistencia a la flexión de la madera de tornillo con inserción de mallas de polietileno de alta densidad.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación explicativa se relaciona con la amplitud y la transparencia con la que se describen y se exponen el propósito, los

objetivos, la metodología y las restricciones de la investigación (Zacarías y Supo, 2020).

La investigación también tuvo un alcance explicativo, ya que se buscó comprender completamente el alcance y los objetivos desde el principio, lo que ayudó a establecer las expectativas y a proporcionar un marco claro para el estudio. Esto facilitó la comprensión de su relevancia y contribución al campo de estudio sobre el efecto que produjo la unión de la madera de tornillo con mallas de polietileno de alta densidad.

3.1.3. DISEÑO

Se recurre a este tipo de diseño cuando no es factible aplicar un diseño experimental estricto, debido a restricciones éticas, logísticas u otras limitaciones. En un diseño cuasi experimental, el investigador no posee un control total sobre cómo se asignan los participantes a los grupos de tratamiento y control, lo que lo distingue de un diseño experimental aleatorio (Quezada, 2010).

La selección de las muestras se llevó a cabo prescindiendo de la aleatoriedad, centrándose en la variable específica que se modificará: las mallas Raschel de HDPE. Estas mallas se espera que tengan un impacto directo en la resistencia a la flexión.

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 madera tornillo con inserción de mallas Raschel de HDPE en capas de una, dos y tres.

GR4: Muestras de madera tornillo sin inserción de mallas Raschel de HDPE.

X1, X2 y X3: Manipulación de la variable independiente (Inserción de mallas Raschel de HDPE en capas de una, dos y tres).

R1, R2 y R3: Resultados de ensayo a flexión de las muestras de la madera tornillo con inserción de mallas Raschel de HDPE en capas de una, dos y tres.

R4: Resultados de ensayo a flexión de las muestras de madera tornillo sin inserción de mallas Raschel de HDPE.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población se refiere al conjunto completo de personas que se pretenden investigar y de quienes se buscan obtener conclusiones y generalizaciones. Esta característica compartida puede abarcar aspectos diversos, como la edad, el género, la ubicación geográfica, el nivel educativo, la ocupación, el estado de salud, entre otros (Zacarías y Supo, 2020).

La población se conformó por 40 muestras, en este caso de madera tornillo con y sin inserción de mallas de polietileno de alta densidad.

3.2.2. MUESTRA

Una muestra no probabilística implica que no todos los individuos de la población tienen una probabilidad igual y conocida de ser seleccionados para formar parte de la muestra. En cambio, los elementos se eligen de manera subjetiva y no aleatoria (Zacarías y Supo, 2020).

A continuación, se detalla la distribución de las muestras de estudio:

Tabla 1
Descripción de la muestra

MUESTRAS PARA ENSAYO DE FLEXIÓN	NÚMERO DE MUESTRAS
Muestras de madera tornillo sin inserción de Mallas Raschel de HDPE.	10
Muestras de madera tornillo con inserción de 1 capa de Mallas Raschel de HDPE.	10
Muestras de madera tornillo con inserción de 2 capas de Mallas Raschel de HDPE.	10
Muestras de madera tornillo con inserción de 3 capas de Mallas Raschel de HDPE.	10
TOTAL=	40

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación recopiló datos mediante mediciones directas en laboratorio, utilizando instrumentos como la máquina universal de ensayos, calibrador vernier, cinta métrica y fichas de registro para obtener valores precisos sobre la resistencia a la flexión de la madera reforzada con mallas de polietileno. Estos datos fueron procesados con software estadístico y respaldados por la revisión de documentos técnicos y estudios previos.

3.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica de la observación directa

La observación directa se refiere a un método de recopilación de datos en la investigación en el que el investigador observa y registra eventos, comportamientos, actividades o situaciones en tiempo real. Esto se realiza sin depender de la información proporcionada por los participantes a través de entrevistas o cuestionarios (Carrasco Díaz, 2015).

La investigación ha usado como técnica la observación directa pues en esta se ha observado y registrado los eventos como es el ensayo de flexión de la madera tornillo con inserción de mallas de polietileno de alta densidad.

Instrumentos de recojo de datos

Ficha de laboratorio

Se refiere a un instrumento de recopilación de datos utilizado en un contexto de laboratorio. Consiste en un formato o documento diseñado específicamente para anotar y detallar de manera sistemática la información relevante relacionada con un experimento llevado a cabo en un entorno de laboratorio (Carrasco Díaz, 2015).

Como instrumentos, la investigación ha usado las fichas de laboratorio para registrar las muestras de ensayo de la madera tornillo con inserción de mallas de polietileno de alta densidad.

A continuación, se presenta todo el proceso de experimento realizado en laboratorio desde la elaboración de las probetas hasta los respectivos ensayos de flexión o también llamado módulo de rotura.

Figura 3
Preparación de las muestras de madera tornillo



Nota. Preparación de la madera tornillo antes de ser ensayada. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4

Elaboración de las muestras de madera tornillo con 1, 2 y 3 capas de malla HDPE y prensado



Nota. Preparación de la madera y dejado reposar con abrazaderas. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 5

Elaboración de las muestras de madera tornillo con 1, 2 y 3 capas de malla HDPE



Nota. Preparación de la madera tornillo antes de ser ensayada. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6

Habilitación de las muestras de madera tornillo con 1, 2 y 3 capas de malla HDPE para el ensayo a flexión



Nota. Habilitado de la madera con 3 proporciones de HDPE. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7

Colocación de la muestra patrón de madera tornillo sobre la máquina de ensayo



Nota. Ensayo de las muestras en la máquina universal. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8
Capacidad de carga sobre la muestra patrón de madera tornillo



Nota. Rotura de las muestras patrón en la máquina universal. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 9
Resultado del ensayo a flexión de la muestra patrón de madera tornillo



Nota. Rotura de las muestras patrón después del ensayo. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 10

Colocación de la muestra de madera tornillo con 1 capa de malla HDPE sobre la máquina de ensayo



Nota. Ensayo de las muestras en la máquina universal. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 11

Capacidad de carga sobre la muestra de madera tornillo con 1 capa de malla HDPE



Nota. Rotura de las muestras con 1 capa de malla de HDPE en la máquina universal. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 12

Resultado del ensayo a flexión de la muestra de madera tornillo con 1 capa de malla HDPE



Nota. Rotura de las muestras patrón después del ensayo. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 13

Colocación de la muestra de madera tornillo con 2 capa de malla HDPE sobre la máquina de ensayo



Nota. Ensayo de las muestras en la máquina universal. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14

Capacidad de carga sobre la muestra de madera tornillo con 2 capas de malla HDPE



Nota. Rotura de las muestras con 2 capas de malla de HDPE en la máquina universal.

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 15

Resultado del ensayo a flexión de la muestra de madera tornillo con 2 capas de malla HDPE



Nota. Rotura de las muestras patrón después del ensayo. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 16

Colocación de la muestra de madera tornillo con 3 capas de malla HDPE sobre la máquina de ensayo



Nota. Ensayo de las muestras en la máquina universal. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17

Capacidad de carga sobre la muestra de madera tornillo con 3 capas de malla HDPE



Nota. Rotura de las muestras con 3 capas de malla de HDPE en la máquina universal. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18

Resultado del ensayo a flexión de la muestra de madera tornillo con 3 capas de malla HDPE



Nota. Rotura de las muestras patrón después del ensayo. Fuente: Elaboración Propia.

3.5. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando métodos estadísticos inferenciales, específicamente la prueba T de Student para muestras independientes, con el objetivo de determinar si las diferencias observadas en los módulos de rotura entre las muestras patrón y las reforzadas eran estadísticamente significativas.

La interpretación de estos resultados evidenció que la inserción de mallas de polietileno de alta densidad mejora significativamente la capacidad de la madera tornillo para resistir esfuerzos de flexión. Este hallazgo refuerza la hipótesis planteada al inicio de la investigación y subraya la eficacia del tratamiento propuesto para optimizar las propiedades mecánicas de la madera.

Y, la presentación de datos como el análisis estadístico proporcionaron evidencia clara y robusta de que el tratamiento con mallas de HDPE tiene un

impacto positivo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, lo que abre oportunidades para su aplicación en proyectos que demanden mayor durabilidad y resistencia estructural.

3.6. ASPECTOS ÉTICOS

Se centraron en garantizar la integridad científica, el uso responsable de los recursos y el cumplimiento de normas ambientales y académicas. Se aseguró que la madera utilizada proviniera de fuentes legales y sostenibles, evitando contribuir a la explotación indebida del recurso; además, se gestionaron adecuadamente los residuos generados durante el proceso experimental para minimizar cualquier impacto ambiental. También se respetaron estrictamente los principios de honestidad y transparencia en la elaboración y presentación de los resultados, citando correctamente las fuentes consultadas y evitando cualquier forma de plagio. Se aplicaron normas de seguridad en laboratorio para proteger a los participantes involucrados en la manipulación de materiales y equipos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

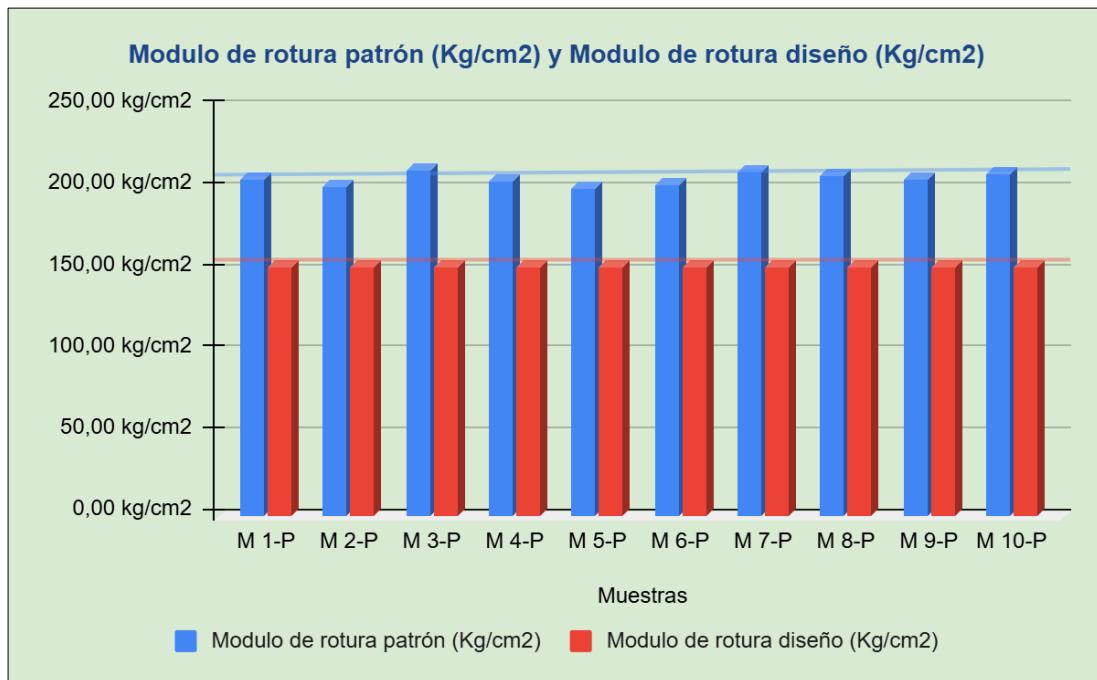
En este apartado se hizo la evaluación detallada de los datos obtenidos durante la prueba de tracción, la cual es crucial dentro del contexto de nuestra investigación. Esta fase es fundamental para obtener información esencial sobre las propiedades mecánicas del material bajo consideración. En este proceso analítico, se aplicará estadística descriptiva, haciendo uso de gráficos de barras para visualizar de forma clara las tendencias y patrones identificados en los resultados recopilados.

Tabla 2
Módulo de rotura a la flexión: patrón vs diseño

Muestras	Módulo de rotura patrón (Kg/cm ²)	Módulo de rotura diseño (Kg/cm ²)
M 1-P	206,77 kg/cm ²	152,75 kg/cm ²
M 2-P	201,80 kg/cm ²	152,75 kg/cm ²
M 3-P	212,25 kg/cm ²	152,75 kg/cm ²
M 4-P	205,57 kg/cm ²	152,75 kg/cm ²
M 5-P	201,12 kg/cm ²	152,75 kg/cm ²
M 6-P	203,34 kg/cm ²	152,75 kg/cm ²
M 7-P	210,28 kg/cm ²	152,75 kg/cm ²
M 8-P	208,66 kg/cm ²	152,75 kg/cm ²
M 9-P	205,74 kg/cm ²	152,75 kg/cm ²
M 10-P	210,11 kg/cm ²	152,75 kg/cm ²

La tabla 2 muestra presenta los resultados de las pruebas de módulo de rotura realizadas a diez muestras. Sometidas a ensayo de flexión. El módulo de rotura del diseño en todas las muestras, mantiene un valor constante de 152,75 kg/cm². En contraposición, el módulo de rotura de las muestras patrón muestra una variabilidad, con valores que oscilan entre 201,12 kg/cm² y 212,25 kg/cm².

Figura 19
Módulo de rotura a flexión: patrón vs. diseño



La gráfica muestra los resultados de las pruebas de módulo de rotura de diez muestras, comparando las muestras patrón con las de diseño. El de diseño presenta un comportamiento continuo, con un módulo de rotura de 152,75 kg/cm² en todas las muestras, mientras que el patrón exhibe mayor variabilidad, oscilando entre 201,12 y 212,25 kg/cm².

Tabla 3
Medias del módulo de rotura a la flexión de las muestras patrón y de diseño

Media	Valor
Módulo de rotura patrón (Kg/cm ²)	206,57 kg/cm ²
Módulo de rotura diseño (Kg/cm ²)	152,75 kg/cm ²

La tabla presenta los valores de dos módulos de rotura a la flexión de la madera tornillo: el patrón y el de diseño. En este caso, el módulo de rotura patrón es de 206,57 kg/cm². Por otro lado, el módulo de rotura diseño es un valor teórico que se establece como requisito para que un material sea apto para una aplicación específica. En este caso, el módulo de rotura diseño es de 152,75 kg/cm². Al comparar ambos valores, se observa que el módulo de

rotura patrón es superior al módulo de rotura diseño, lo que indica que el material utilizado cumple con los requisitos establecidos.

Tabla 4

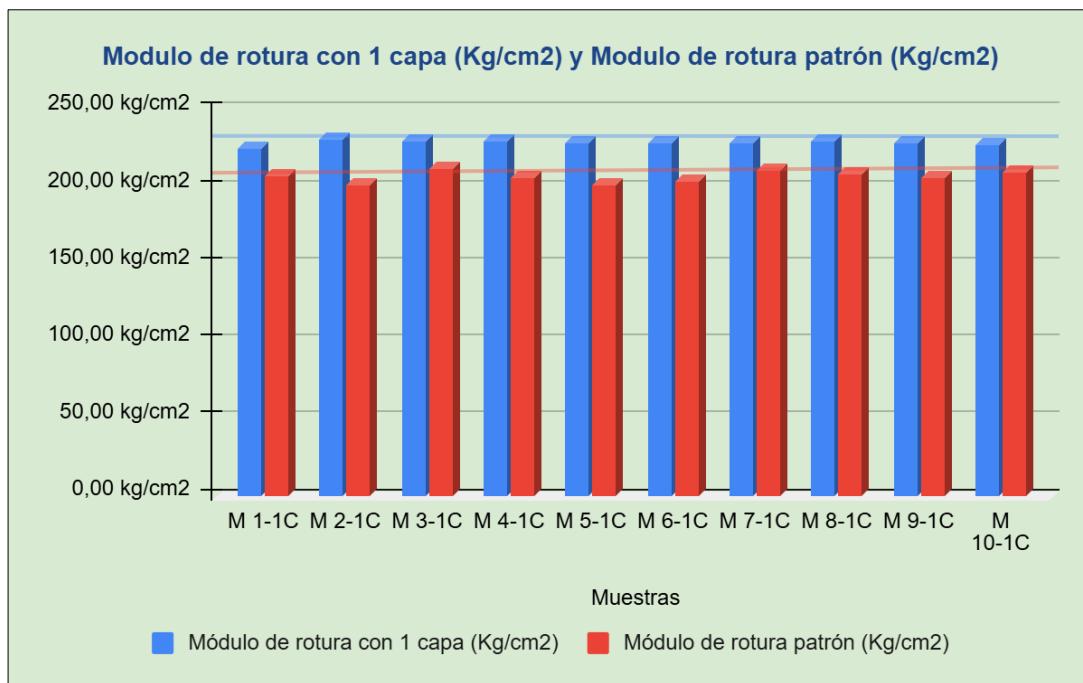
Módulo de rotura a la flexión: muestra con 1 capa de malla HDPE vs. muestra patrón

Muestras	Módulo de rotura con 1 capa (Kg/cm2)	Módulo de rotura patrón (Kg/cm2)
M 1-1C	225,61 kg/cm2	206,77 kg/cm2
M 2-1C	230,50 kg/cm2	201,80 kg/cm2
M 3-1C	230,15 kg/cm2	212,25 kg/cm2
M 4-1C	229,47 kg/cm2	205,57 kg/cm2
M 5-1C	228,78 kg/cm2	201,12 kg/cm2
M 6-1C	228,10 kg/cm2	203,34 kg/cm2
M 7-1C	228,01 kg/cm2	210,28 kg/cm2
M 8-1C	229,55 kg/cm2	208,66 kg/cm2
M 9-1C	228,44 kg/cm2	205,74 kg/cm2
M 10-1C	227,76 kg/cm2	210,11 kg/cm2

La tabla presenta los resultados de las pruebas de módulo de rotura realizadas a diez muestras de madera tornillo. Sometidas a ensayo de flexión, tanto con una capa de malla HDPE como para las muestras patrón. Los valores obtenidos muestran que el módulo de rotura con una capa varía entre 225,61 kg/cm² y 230,50 kg/cm², mientras que el módulo de rotura patrón oscila entre 201,12 kg/cm² y 212,25 kg/cm².

Figura 20

Módulo de rotura a flexión: con una capa de malla HDPE vs. muestra patrón



La gráfica muestra los resultados de las pruebas de módulo de rotura a la flexión de diez muestras, comparando las muestras con 1 capa de malla HDPE y con las muestras patrón. Las muestras con 1 capa presentan un módulo de rotura máximo de 230,50 kg/cm², mientras que el patrón presenta un módulo de rotura máximo 2012,25 kg/cm².

Tabla 5

Medias del módulo de rotura a la flexión de las muestras con 1 capa de malla HDPE y de muestras patrón

Media	Valor
Módulo de rotura con 1 capa (Kg/cm ²)	228,64 kg/cm ²
Módulo de rotura patrón (Kg/cm ²)	206,57 kg/cm ²

La tabla presenta los valores de dos módulos de rotura a la flexión de la madera tornillo: con 1 capa de malla HDPE y muestra patrón. El módulo de rotura con una capa es de 228,64 kg/cm² y el módulo de rotura patrón es de 206,57 kg/cm². Al comparar ambos valores, se observa que el módulo de

rotura con 1 capa es superior al módulo de rotura patrón, lo que indica que el material utilizado cumple con los requisitos establecidos.

Tabla 6

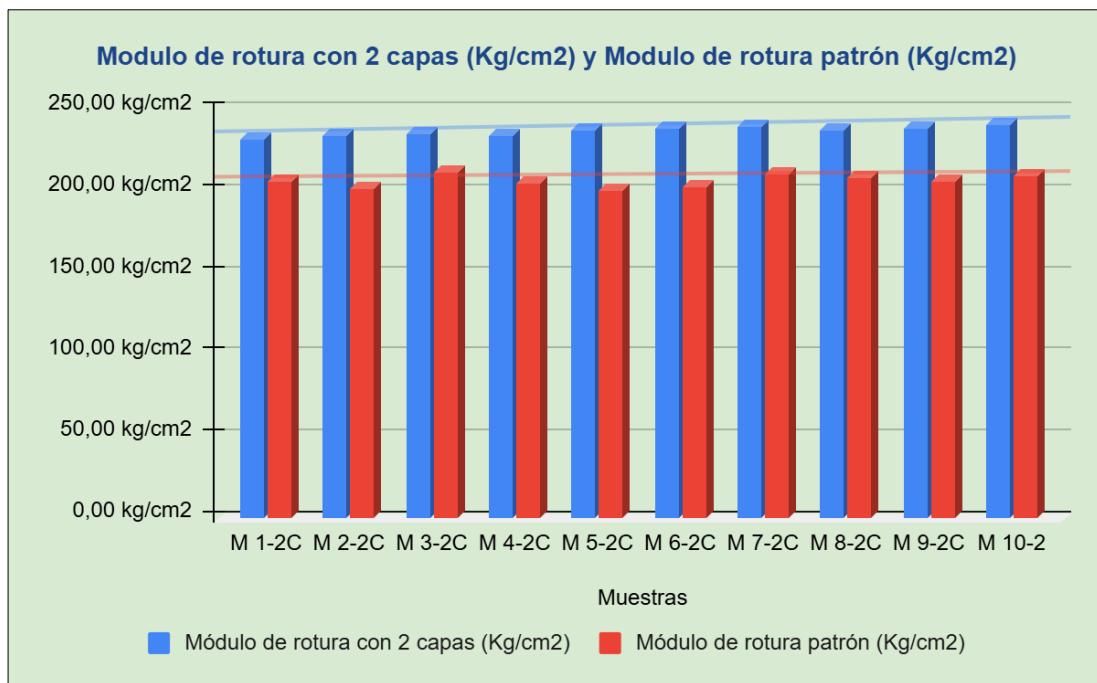
Módulo de rotura a la flexión: muestras con 2 capas de malla HDPE vs. muestra patrón

Muestras	Módulo de rotura con 2 capas (Kg/cm ²)	Módulo de rotura patrón (Kg/cm ²)
M 1-2C	232,12 kg/cm ²	206,77 kg/cm ²
M 2-2C	233,84 kg/cm ²	201,80 kg/cm ²
M 3-2C	235,55 kg/cm ²	212,25 kg/cm ²
M 4-2C	234,69 kg/cm ²	205,57 kg/cm ²
M 5-2C	237,26 kg/cm ²	201,12 kg/cm ²
M 6-2C	238,98 kg/cm ²	203,34 kg/cm ²
M 7-2C	239,83 kg/cm ²	210,28 kg/cm ²
M 8-2C	238,12 kg/cm ²	208,66 kg/cm ²
M 9-2C	238,98 kg/cm ²	205,74 kg/cm ²
M 10-2C	240,69 kg/cm ²	210,11 kg/cm ²

La tabla presenta los resultados de las pruebas de módulo de rotura realizadas a diez muestras de madera tornillo. Sometidas a ensayo de flexión, tanto con 2 capas de malla HDPE como para las muestras patrón. Los valores obtenidos muestran que el módulo de rotura con 2 capas varía entre 232,12 kg/cm² y 240,69 kg/cm², mientras que el módulo de rotura patrón oscila entre 201,12 kg/cm² y 212,25 kg/cm².

Figura 21

Módulo de rotura a flexión: con 2 capas de malla HDPE vs. muestra patrón



La gráfica muestra los resultados de las pruebas de módulo de rotura a la flexión de diez muestras, comparando las muestras con 2 capas de malla HDPE y con las muestras patrón. Las muestras con 2 capas presentan un módulo de rotura máximo de 240,69 kg/cm², mientras que el patrón presenta un módulo de rotura máximo 206,57 kg/cm².

Tabla 7

Medias del módulo de rotura a la flexión de las muestras con 2 capas de malla HDPE y de muestras patrón

Media	Valor
Módulo de rotura con 2 capas (kg/cm²)	237,01 kg/cm²
Módulo de rotura patrón (kg/cm²)	206,57 kg/cm²

La tabla presenta los valores de dos módulos de rotura a la flexión de madera tornillo: con 2 capas de malla HDPE y muestra patrón. El módulo de rotura con 2 capas es de 237,01 kg/cm² y el módulo de rotura patrón es de 206,57 kg/cm². Al comparar ambos valores, se observa que el módulo de

rotura con 2 capas es superior al módulo de rotura patrón, lo que indica que el material utilizado cumple con los requisitos establecidos.

Tabla 8

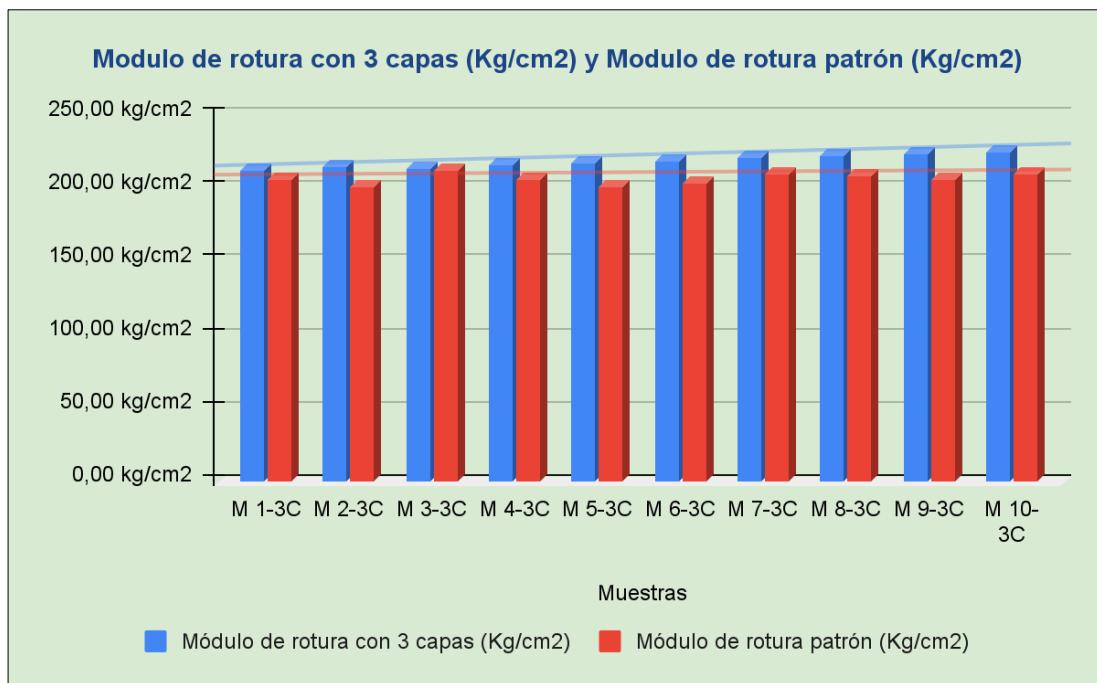
Módulo de rotura a la flexión: muestras con 3 capas de malla HDPE vs. muestra patrón

Muestras	Módulo de rotura con 3 capas (Kg/cm ²)	Módulo de rotura patrón (Kg/cm ²)
M 1-3C	212,42 kg/cm ²	206,77 kg/cm ²
M 2-3C	214,74 kg/cm ²	201,80 kg/cm ²
M 3-3C	213,54 kg/cm ²	212,25 kg/cm ²
M 4-3C	215,85 kg/cm ²	205,57 kg/cm ²
M 5-3C	217,05 kg/cm ²	201,12 kg/cm ²
M 6-3C	218,25 kg/cm ²	203,34 kg/cm ²
M 7-3C	221,67 kg/cm ²	210,28 kg/cm ²
M 8-3C	222,70 kg/cm ²	208,66 kg/cm ²
M 9-3C	223,56 kg/cm ²	205,74 kg/cm ²
M 10-3C	225,27 kg/cm ²	210,11 kg/cm ²

La tabla presenta los resultados de las pruebas de módulo de rotura realizadas a diez muestras de madera tornillo. Sometidas a ensayo de flexión, tanto con 3 capas de malla HDPE y muestras patrón de referencia. Los valores obtenidos muestran que el módulo de rotura con 3 capas varía entre 212,42 kg/cm² y 225,27 kg/cm², mientras que el módulo de rotura patrón oscila entre 201,12 kg/cm² y 212,25 kg/cm².

Figura 22

Módulo de rotura a flexión: con 3 capas de malla HDPE vs. muestra patrón



La gráfica muestra los resultados de las pruebas de módulo de rotura a la flexión de diez muestras, comparando las muestras con 3 capas de malla HDPE y con las muestras patrón. Las muestras con 3 capas presentan un módulo de rotura máximo de 225,27 kg/cm², mientras que el patrón presenta un módulo de rotura máximo 212,25 kg/cm².

Tabla 9

Medias del módulo de rotura a la flexión de las muestras con 3 capas de malla HDPE y de muestras patrón

Media	Valor
Módulo de rotura con 3 capas (kg/cm²)	218,51 kg/cm²
Módulo de rotura patrón (kg/cm²)	206,57 kg/cm²

La tabla presenta los valores de dos módulos de rotura a la flexión de madera tornillo: con 3 capas de malla HDPE y muestra patrón. El módulo de rotura con 3 capas es de 218,51 kg/cm² y el módulo de rotura patrón es de 206,57 kg/cm². Al comparar ambos valores, se observa que el módulo de

rotura con 3 capas es superior al módulo de rotura patrón, lo que indica que el material utilizado cumple con los requisitos establecidos.

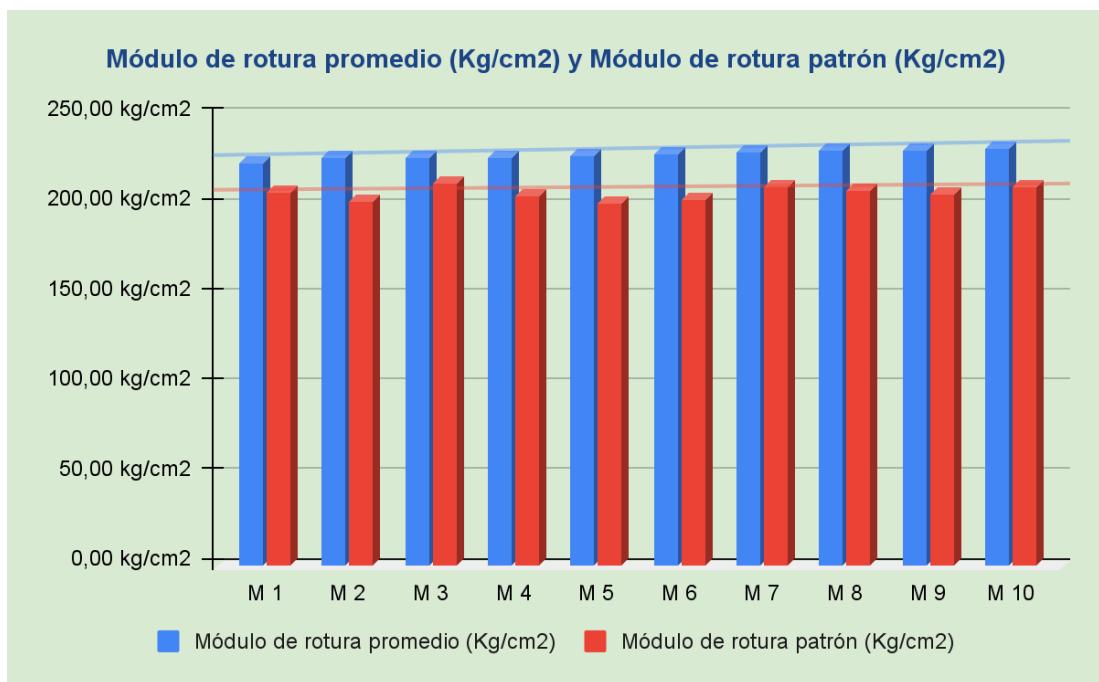
Tabla 10
Módulo de rotura a la flexión promedio vs. muestras patrón

Muestras	Módulo de rotura promedio (Kg/cm ²)	Módulo de rotura patrón (Kg/cm ²)
M 1	223,39 kg/cm ²	206,77 kg/cm ²
M 2	226,36 kg/cm ²	201,80 kg/cm ²
M 3	226,41 kg/cm ²	212,25 kg/cm ²
M 4	226,67 kg/cm ²	205,57 kg/cm ²
M 5	227,70 kg/cm ²	201,12 kg/cm ²
M 6	228,44 kg/cm ²	203,34 kg/cm ²
M 7	229,84 kg/cm ²	210,28 kg/cm ²
M 8	230,13 kg/cm ²	208,66 kg/cm ²
M 9	230,33 kg/cm ²	205,74 kg/cm ²
M 10	231,24 kg/cm ²	210,11 kg/cm ²

La tabla presenta los resultados de las pruebas de módulo de rotura realizadas a diez muestras de madera tornillo. Sometidas a ensayo de flexión. El módulo de rotura promedio tiene un valor entre 223,39 kg/cm² y 231,24 kg/cm². En contraposición, el módulo de rotura de las muestras patrón oscilan entre 201,12 kg/cm² y 212,25 kg/cm².

Figura 23

Módulo de rotura a la flexión promedio vs. muestras patrón



La gráfica muestra los resultados de las pruebas de módulo de rotura a la flexión de diez muestras, comparando las muestras patrón con el valor promedio. Las muestras promedio tienen un módulo de rotura máximo de 231,24 kg/cm², mientras que el valor máximo de las muestras patrón es de 212,25 kg/cm².

Tabla 11

Medias del módulo de rotura a la flexión promedio y de muestras patrón

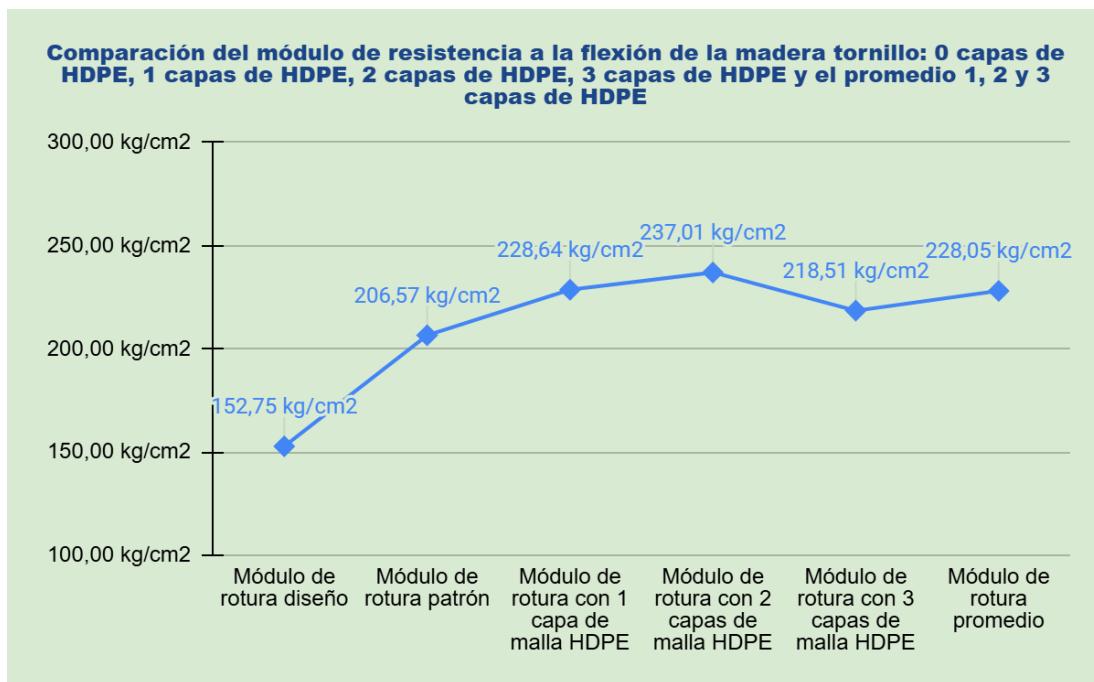
Media	Valor
Módulo de rotura promedio (Kg/cm2)	228,05 kg/cm2
Módulo de rotura patrón (Kg/cm2)	206,57 kg/cm2

La tabla presenta los valores de dos módulos de rotura a la flexión de la madera tornillo: las muestras patrón y muestras promedio. En este caso, el módulo de rotura patrón es de 206,57 kg/cm². Por otro lado, el módulo de rotura promedio es un valor teórico que se establece como requisito para que un material sea apto para una aplicación específica. En este caso, el módulo de rotura promedio es de 228,05 kg/cm². Al comparar ambos valores, se observa que el módulo de rotura promedio es superior al módulo de rotura

patrón, lo que indica que el material utilizado cumple con los requisitos establecidos.

Figura 24

Comparación de resistencia a la flexión de la madera tornillo: 0 capas de mallas de HDPE, 1 capa de malla de HDPE, 2 capas de malla de HDPE, 3 capas de malla de HDPE y el promedio de 1, 2, y 3 capas de malla HDPE



La figura muestra cómo el uso de mallas de HDPE mejora la resistencia a la flexión de la madera tornillo. Sin refuerzo (0 capas), la resistencia es de 206,57 kg/cm², pero aumenta considerablemente al añadir 1 capa de malla, alcanzando 228,64 kg/cm². Este efecto continúa con 2 capas, donde la resistencia sube a 237,01 kg/cm², y llega a su punto más bajo con 3 capas, con 218,51 kg/cm². Sin embargo, al promediar las resistencias de 1, 2 y 3 capas, se obtiene un valor ligeramente mayor, de 228,05 kg/cm². Esto demuestra que las mallas de HDPE refuerzan significativamente la madera tornillo, mejorando su capacidad para resistir esfuerzos de flexión, especialmente cuando se utilizan varias capas. Este comportamiento sugiere que las mallas de HDPE son una solución eficaz para aumentar la resistencia mecánica de este material.

4.2. RESULTADOS INFERENCIALES

Para la hipótesis general:

HG: La inserción de mallas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, Huánuco - 2024.

H0: La inserción de mallas de polietileno de alta densidad no tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, Huánuco - 2024.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis general:

Tabla 12

Prueba de normalidad del módulo de rotura a flexión promedio con 1, 2 y 3 capas de malla HDPE (Kg/cm2) y para las muestras patrón (Kg/cm2)

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov -Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Muestras patrón	0,127	10	,200*	0,957	10	0,749
Muestras promedio 1, 2 y 3 capas de mallas de HDPE	0,259	10	0,055	0,873	10	0,108

La tabla muestra los resultados de las pruebas de normalidad aplicadas a dos conjuntos de datos: las muestras patrón y las muestras promedio de 1, 2 y 3 capas de mallas de HDPE. Para las muestras patrón, el valor de significancia (Sig.) de Shapiro-Wilk es 0.749, superior a 0.05, lo que indica que estas muestras siguen una distribución normal. Para las muestras promedio de mallas de HDPE, el valor de (Sig.) de Shapiro-Wilk es 0.108, también superior a 0.05, lo que sugiere que estas muestras también tienen una distribución normal. En ambos casos, los grados de libertad (gl) son 10. Como los datos en análisis tienen distribución normal se procede a realizar el análisis inferencial de ANOVA.

Análisis inferencial para la hipótesis general

Tabla 13

Prueba ANOVA: Módulo de rotura a flexión para muestras de madera tornillo con 1, 2 y 3 capas de malla HDPE vs muestras patrón

ANOVA					
Módulo de rotura de las muestras de madera (Kg/cm ²)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5409,715	4	1352,429	134,083	,001
Dentro de grupos	453,893	45	10,087		
Total	5863,608	49			

La tabla muestra los resultados de una prueba ANOVA realizada para comparar el módulo de rotura a flexión de muestras de madera tornillo con diferentes capas de refuerzo de malla HDPE (1, 2 y 3 capas) frente a muestras sin refuerzo. El estadístico F obtenido es 134.083 con un valor de significancia de 0.001, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras analizadas. Esto sugiere que el uso de refuerzo con malla HDPE tiene un impacto significativo en el módulo de rotura a flexión de la madera tornillo. Esto permite rechazar la hipótesis nula y concluir que la inserción de mallas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, lo que respalda la hipótesis general planteada en el estudio.

Hipótesis específica 1:

HE1: La inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

HE0: La inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 1

Tabla 14

Prueba de normalidad: módulo de rotura a flexión con 1 capa de malla HDPE vs muestras patrón

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Muestras de madera tornillo con una capa de malla de HDPE	0,167	10	,200	0,938	10	0,527
Muestras patrón de madera tornillo sin inserción de malla HDPE	0,127	10	,200	0,957	10	0,749

La tabla presenta los resultados de las pruebas de normalidad realizadas sobre dos conjuntos de datos: muestras de madera tornillo con una capa de malla de HDPE y muestras patrón de madera tornillo sin inserción de malla de HDPE. Para las muestras con una capa de malla de HDPE, el valor de significancia obtenido fue de 0.527 en Shapiro-Wilk; mientras que para las muestras sin inserción de malla de HDPE, el valor de significancia fue de 0.749, respectivamente. En ambos casos, los valores de significancia son superiores al umbral de 0.05, lo que indica que los datos de ambas muestras siguen una distribución normal. Cabe mencionar que los grados de libertad (gl) fueron de 10 para ambos conjuntos de datos.

Análisis inferencial para la hipótesis específica 1

Tabla 15

Prueba T de Student: módulo de rotura a flexión con 1 capa de malla HDPE vs muestras patrón

Prueba de muestras independientes						
	Prueba de Levene de igualdad de varianzas			prueba t para la igualdad de medias		
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Resultado del ensayo a flexión	Se asumen varianzas iguales	8,672	0,009	17,36	18	<,001 22,073
	No se asumen varianzas iguales			17,36	11,485	<,001 22,073

La tabla presenta los resultados de una prueba de muestras independientes para comparar los resultados del ensayo a flexión de madera tornillo. Según la prueba de Levene, el valor de significancia (Sig.) es 0,009, indicando que las varianzas no son iguales ($p < 0,05$). Con esta premisa, la prueba t muestra un valor $t = 17,36$ con 11,485 grados de libertad (gl), y un valor de significancia bilateral (Sig.) < 0.001 , lo que confirma una diferencia estadísticamente significativa en las medias. La diferencia de medias es 22,073. Esto permite rechazar la hipótesis nula y concluir que la inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, lo que respalda la hipótesis específica 1 planteada en el estudio.

Hipótesis específica 2:

HE2: La inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

HE0: La inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 2

Tabla 16

Prueba de normalidad: módulo de rotura a flexión con 2 capas de malla HDPE vs muestras patrón

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Muestras de madera tornillo con dos capas de malla de HDPE	0,156	10	,200*	0,946	10	0,623
Muestras patrón de madera tornillo sin inserción de malla HDPE	0,127	10	,200*	0,957	10	0,749

La tabla presenta los resultados de las pruebas de normalidad realizadas sobre dos conjuntos de datos: muestras de madera tornillo con dos capas de malla de HDPE y muestras patrón de madera tornillo sin inserción de malla de HDPE. Para las muestras con dos capas de malla de HDPE, el valor de significancia obtenido fue de 0.623 en Shapiro-Wilk; mientras que para las muestras sin inserción de malla de HDPE, el valor de significancia fue de 0.749, respectivamente. En ambos casos, los valores de significancia son superiores al umbral de 0.05, lo que indica que los datos de ambas muestras siguen una distribución normal. Cabe mencionar que los grados de libertad (gl) fueron de 10 para ambos conjuntos de datos.

Análisis inferencial para la hipótesis específica 2

Tabla 17

Prueba T de Student: módulo de rotura a flexión con 2 capas de malla HDPE vs muestras patrón

Prueba de muestras independientes							
Resultad o de ensayo a flexión	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferenc ia de medias	
Se asumen varianza s iguales	0,821	0,377	20,447	18	<0.001	30,452	
No se asumen varianza s iguales			20,447	16,71	<0.001	30,452	

La tabla presenta los resultados de una prueba de muestras independientes para comparar los resultados del ensayo a flexión de madera tornillo. Según la prueba de Levene, el valor de significancia (Sig.) es 0,377, indicando que las varianzas son iguales ($p > 0,05$). Con esta premisa, la prueba t muestra un valor $t = 20,447$ con 18 grados de libertad (gl), y un valor de significancia bilateral (Sig.) $< 0,001$, lo que confirma una diferencia estadísticamente significativa en las medias. La diferencia de medias es 30,452. Esto permite rechazar la hipótesis nula y concluir que la inserción de mallas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, lo que respalda la hipótesis general planteada en el estudio.

Hipótesis específica 3:

HE3: La inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

HE0: La inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE NO tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 3

Tabla 18

Prueba de normalidad: módulo de rotura a flexión con 3 capas de malla HDPE vs muestras patrón

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Muestras con tres capas de malla de HDPE	0,158	10	,200*	0,938	10	0,530
Muestras patrón de madera tornillo sin inserción de malla HDPE	0,127	10	,200*	0,957	10	0,749

La tabla presenta los resultados de las pruebas de normalidad realizadas sobre dos conjuntos de datos: muestras de madera tornillo con tres capas de malla de HDPE y muestras patrón de madera tornillo sin inserción de malla de HDPE. Para las muestras con tres capas de malla de HDPE, el valor de significancia obtenido fue de 0.530 en Shapiro-Wilk; mientras que para las muestras sin inserción de malla de HDPE, el valor de significancia fue de 0.749, respectivamente. En ambos casos, los valores de significancia son superiores al umbral de 0.05, lo que indica que los datos de ambas muestras siguen una distribución normal. Cabe mencionar que los grados de libertad (gl) fueron de 10 para ambos conjuntos de datos.

Análisis inferencial para la hipótesis específica 3

Tabla 19

Prueba T de Student: módulo de rotura a flexión con 3 capas de malla HDPE vs muestras patrón

Prueba de muestras independientes						
	Prueba de Levene de igualdad de varianzas			prueba t para la igualdad de medias		
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferenc ia de medias
Resultado del ensayo a flexión	Se asumen varianzas iguales	0,779	0,389	6,418	18	<,001 11,941
	No se asumen varianzas iguales			6,418	17,427	<,001 11,941

La tabla presenta los resultados de una prueba de muestras independientes para comparar los resultados del ensayo a flexión de madera tornillo. Según la prueba de Levene, el valor de significancia (Sig.) es 0,389, indicando que las varianzas son iguales ($p > 0,05$). Con esta premisa, la prueba t muestra un valor $t = 6,418$ con 18 grados de libertad (gl), y un valor de significancia bilateral (Sig.) < 0.001 , lo que confirma una diferencia estadísticamente significativa en las medias. La diferencia de medias es 11,941. Esto permite rechazar la hipótesis nula y concluir que la inserción de mallas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, lo que respalda la hipótesis general planteada en el estudio.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Vásquez (2023), en su investigación evaluó la madera de pino radiata según la norma E.010 (MVCS, 2014), encontrándose que, aunque esta madera cumple con los valores mínimos establecidos para el grupo C en términos de densidad básica, módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles a compresión, tracción y corte, el esfuerzo admisible a flexión ($81,79 \text{ kg/cm}^2$) se encuentra por debajo del estándar mínimo de 100 kg/cm^2 , lo que llevó al autor a concluir que no puede clasificarse dentro de dicho grupo. En contraste, los resultados de la presente investigación, centrada en la madera tornillo (*Cedrelinga cateniformis*), muestran que el tratamiento con mallas de polietileno de alta densidad (HDPE) incrementa significativamente la resistencia a la flexión. Las muestras patrón presentan un módulo de rotura de $206,57 \text{ kg/cm}^2$, mientras que las muestras reforzadas con 1, 2 y 3 capas de mallas de HDPE alcanzaron un promedio de $228,05 \text{ kg/cm}^2$, superando el valor patrón. Esto evidencia que la inserción de mallas de HDPE mejora el comportamiento mecánico de la madera tornillo bajo esfuerzos de flexión.

Sánchez (2021), en su investigación sobre las propiedades mecánicas del eucalipto (*Eucalyptus*) en la provincia de Tungurahua, determinó que el esfuerzo máximo a flexión promedio del eucalipto fue de $63,79 \text{ MPa}$, superando el esfuerzo admisible de 15 MPa establecido por la NEC 2015 para la categoría de madera estructural Tipo B. Este hallazgo posiciona al eucalipto como un material adecuado para aplicaciones estructurales, destacándose por su resistencia a flexión y su potencial en la construcción de elementos estructurales y no estructurales. En contraste, los resultados de la presente investigación sobre la madera tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) muestran que el tratamiento con mallas de polietileno de alta densidad (HDPE) mejora significativamente su resistencia a flexión. El módulo de rotura promedio de las muestras tratadas fue de $228,05 \text{ kg/cm}^2$, en comparación con los $206,57$

kg/cm² de las muestras patrón, lo que evidencia un incremento significativo en la capacidad de la madera reforzada para resistir fuerzas de flexión. Este resultado resalta el impacto positivo del uso de mallas de HDPE como una estrategia efectiva para optimizar las propiedades mecánicas de la madera tornillo, ampliando su viabilidad para aplicaciones estructurales exigentes.

Caytuiro (2023), en su investigación sobre la resistencia a flexión de vigas de *Eucalyptus globulus* de diferentes edades para viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, concluyó que la madera de mayor edad (75 años) presenta una resistencia a flexión de 82.37 MPa y un esfuerzo admisible de 17.52 MPa, destacándose por su idoneidad para aplicaciones estructurales debido a su resistencia y módulo de elasticidad en condiciones secas. En contraste, los resultados de la presente investigación sobre la madera tornillo (*Cedrelina cateniformis*) demuestran que la inserción de mallas de polietileno de alta densidad (HDPE) mejora significativamente su resistencia a flexión. El módulo de rotura promedio de las muestras tratadas con mallas de HDPE fue de 228.05 kg/cm², comparado con 206.57 kg/cm² de las muestras patrón, evidenciando un incremento sustancial en su capacidad para resistir esfuerzos de flexión. Este hallazgo confirma que el uso de mallas de HDPE es una técnica efectiva para optimizar las propiedades mecánicas de la madera tornillo, ampliando su aplicabilidad en proyectos estructurales que exigen mayor resistencia y confiabilidad.

CONCLUSIONES

Para el objetivo general: Determinar si la inserción de mallas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, Huánuco - 2024. Se concluye que la inserción de mallas de polietileno de alta densidad (HDPE) en la madera tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) mejora significativamente su resistencia a flexión. El módulo de rotura promedio de las muestras tratadas con mallas de HDPE fue de 228,05 kg/cm², comparado con 206,57 kg/cm² de las muestras patrón, evidenciando un incremento sustancial en su capacidad para resistir esfuerzos de flexión.

Para el objetivo específico 1: Determinar el efecto de la inserción de 1 capa de mallas Raschel de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo. Se concluye que la inserción de 1 capa de malla de polietileno de alta densidad (HDPE) en la madera tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) mejora significativamente su resistencia a flexión. El módulo de rotura con una capa es de 228,64 kg/cm² y el módulo de rotura patrón es de 206,57 kg/cm². Al comparar ambos valores, se observa que el módulo de rotura con 1 capa es superior al módulo de rotura patrón.

Para el objetivo específico 2: Determinar el efecto de la inserción de 2 capas de mallas Raschel de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo. Se concluye que la inserción de 2 capas de malla de polietileno de alta densidad (HDPE) en la madera tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) mejora significativamente su resistencia a flexión. El módulo de rotura con 2 capas es de 237,01 kg/cm² y el módulo de rotura patrón es de 206,57 kg/cm². Al comparar ambos valores, se observa que el módulo de rotura con 2 capas es superior al módulo de rotura patrón.

Para el objetivo específico 3: Determinar el efecto de la inserción de 3 capas de mallas Raschel de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo. Se concluye que la inserción de 3 capas de malla de polietileno de alta densidad (HDPE) en la madera tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) mejora significativamente su resistencia a flexión. El módulo de rotura con 3 capas es de 218,51 kg/cm² y el módulo de rotura patrón es de 206,57 kg/cm². Al

comparar ambos valores, se observa que el módulo de rotura con 3 capas es superior al módulo de rotura patrón.

RECOMENDACIONES

Explorar diferentes tipos de mallas y configuraciones: Se sugiere investigar el uso de otros materiales de mallas, como fibras de vidrio o carbono, que puedan tener propiedades mecánicas superiores al polietileno de alta densidad (HDPE). Además, sería valioso evaluar configuraciones diferentes en la inserción de las mallas, como orientación cruzada o intercalada, para determinar su efecto en la resistencia a la flexión y otros esfuerzos mecánicos.

Ampliar las dimensiones de las muestras: Realizar estudios con dimensiones más grandes de la madera tornillo para simular condiciones reales en aplicaciones estructurales. Esto permitiría validar si las mejoras observadas en muestras a escala se mantienen en tamaños utilizados comúnmente en la construcción.

Evaluar el comportamiento a largo plazo: Es importante analizar la durabilidad de la madera reforzada con mallas de HDPE en condiciones ambientales reales, considerando factores como la humedad, los ciclos de carga y descarga, y la exposición a agentes degradantes (luz UV, insectos, etc.). Esto ayudará a determinar la viabilidad del material en aplicaciones estructurales prolongadas.

Estudiar otras propiedades mecánicas y funcionales: Extender el análisis a propiedades como la resistencia al impacto, la tracción perpendicular a la fibra y el comportamiento frente a esfuerzos combinados. También sería útil evaluar el impacto del refuerzo con mallas en la estética, el peso y el costo final del material para establecer un balance entre rendimiento y viabilidad económica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIMPLAS. (2020). *Ensayos de resistencia a la flexión de plásticos*. Recuperado el 8 de November de 2023, de AIMPLAS: <https://www.aimplas.es/tipos-ensayos/propiedades-mecanicas-de-los-materiales-plasticos/ensayo-de-flexion/>
- Álvarez Martínez, A. J. (2010). *Estudio de las características geométricas y del comportamiento aerodinámico de las mallas antiinsectos utilizadas en los invernaderos como medida de protección vegetal*. Editorial Universidad de Almería.
- Callister, W. D. (1996). *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. II. Reverté.
- Carrasco Díaz, S. (2015). *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. San Marcos.
- Castillo Martín, A., Pulido Bosch, A., & Padilla Benítez, A. (Edits.). (1989). *La sobreexplotación de acuíferos*. Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Caytuiro Cardenas, N. J. (2023). Resistencia a flexión en vigas de madera eucalyptus globulus de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau - Apurímac, 2022. Perú: Universidad Tecnológica de los Andes. Obtenido de <https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5b14e5c4-cfde-4570-982f-f44a466f1362/content>
- Ceausescu, E. (1984). *La polimerización estereoespecífica del isopreno*. (T. Ríos Castillo, Trad.) Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chichignoud, M. (1990). *Atlas de maderas tropicales de América Latina*. Cirad.
- Cruz Salinas, C. E. (2022). Análisis de las propiedades físico - mecánicas de madera estructural Ecuatoriana y su aplicación en el diseño de vivienda social. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e3521eb2-128c-4edc-9611-e0c16456f8f3/content>
- De La Rosa Huaqui, Y. (2024). Análisis comparativo de la resistencia a compresión de madera laminada tornillo con madera cachimbo y

- blanca para uso estructural- Huánuco - 2024. Universidad de Huánuco. Obtenido de <https://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/5517>
- Echavarría, C. (2023). *Diseño de estructuras de madera para ingenieros civiles y arquitectos constructores*. Universidad Nacional de Colombia.
- Feijoo Calle, E. P., & Núñez Rodas, L. A. (2021). Valoración de propiedades físicas del pet y maderas como alternativa para el uso en fortificación minera. Universidad del Azuay. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/353274561_La_resistencia_a_la_flexion_en_la_madera_-_Trabajo_de_investigacion_recopilatorio
- Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- Llanos, J. (Ed.). (2003). *Dam Maintenance and Rehabilitation: Proceedings of the International Congress on Conservation and Rehabilitation of Dams, Madrid, 11-13 November 2002*. Taylor & Francis.
- Llata Loyola, M. I. (2003). *Ecología y medio ambiente*. Editorial Progreso.
- López Camacho, R., & Cárdenas López, D. (2002). *Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonía colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas.
- MADEXO. (16 de November de 2017). *Madera Tornillo*. Recuperado el 8 de November de 2023, de MADEXO: <https://madexo.pe/madera-tornillo/>
- Möller, R. (2015). *Evaluación y caracterización de las mallas de polietileno de alta densidad para su uso como implantes en cirugía veterinaria*. Publicaciones Universidad de León.
- NTP 251.017. (2014). Método para determinar la flexión estática en maderas. INDECOPI.
- Pacini, J. C. (2021). *Estructuras de madera: Diseño, cálculo y construcción*. Nobuko.
- Pino Gotuzzo, R. (2018). *Metodología de la investigación: elaboración de diseños para contrastar hipótesis*. San Marcos.
- Primo Yúfera, E. (2007). *Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria*. Reverté.
- Quezada Lucio, N. (2010). *Metodología de la investigación: estadística aplicada en la investigación*. Editorial Macro.

- Quispe Palacios, C. J. (2023). Comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y Shihuahuaco Lima 2023. Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/134403/Quispe_PCJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramos de Valle, L. F. (1993). *Extrusión de plásticos : Principios básicos*. LIMUSA.
- Rojas, T. (18 de August de 2023). *Todo sobre el polietileno de alta densidad (HDPE): usos, ventajas y mercado actual*. Recuperado el 8 de November de 2023, de Tecnología del Plástico: <https://www.plastico.com/es/noticias/todo-sobre-el-polietileno-de-alta-densidad-hdpe-usos-ventajas-y-mercado-actual>
- Saccarello, M. V. (2010). *La madera: de su conocimiento a su conservación*. Editorial ente comun.
- Salán Ballesteros, M. N. (2009). *Tecnología de proceso y transformación de materiales*. UPC, S.L., Edicions.
- Sánchez Dahua, J. L. (2021). Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto (*Eucalyptus*), provenientes de la provincia de Tungurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo a la norma ecuatoriana de la construcción 2015 (NEC 2015). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/69683715-4f43-454e-ab6c-7aaf7bc08cd0/content>
- Torres Medina, F. C. (2010). Propiedades físico mecánicas de la especie (“Tornillo”) *Cedrelinga Cateniformis* (Ducke) proveniente de plantaciones en fajas del bosque nacional Alexander Von Humboldt-Ucayali. Perú: Universidad la Molina. Obtenido de https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/312/3/Torres-Propiedades_fisico_mecanicas.pdf
- Trade Forest Perú. (2020). *Untitled*. Recuperado el 8 de November de 2023, de Trade Forest Perú: https://tradeforestperu.com/web_control/productos/mediaprod/especificaciones-tecnicas---madera-tornillo-67086d8e5d.pdf

Vásquez Becerra, R. (2021). Evaluación estructural de la madera habilitada “*pinus radiata*”, centro poblado Santa Clara, Distrito de Chalamarca, Chota, 2021. Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Vásquez Bernal, A. K. (2021). Evaluación del comportamiento estructural de la madera tornillo dependiendo del contenido de humedad – Chiclayo. Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58276/V%c3%a1squez_BAK-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zacarías, H., & Supo, J. (2020). *Metodología de la Investigación Científica: Para Las Ciencias de la Salud y Las Ciencias Sociales*. Amazon Digital Services LLC - Kdp.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Albornoz Tucto, M. E. (2025). *Efecto significativo en la inserción de mallas de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión en la madera tornillo (Cedrelinga Catenaeformis)*, Huánuco - 2024. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

Matriz de consistencia

TÍTULO: “Efecto significativo en la inserción de mallas de polietileno de alta densidad en la resistencia a la flexión en la madera tornillo (Cedrelinga Catenaeformis), Huánuco - 2024”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	METODOLOGÍA
Problema general: ¿Tiene la inserción de mallas de polietileno de alta densidad un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, Huánuco - 2023?	Objetivo general: Determinar si la inserción de mallas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, Huánuco - 2023.	Hipótesis general: La inserción de mallas de polietileno de alta densidad tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo, Huánuco - 2023.	Variable independiente: Mallas de HDPE.	Polietileno de alta densidad (HDPE) Mallas	-Alta densidad -Resistencia a la tracción -Resistencia química -Baja absorción de agua -Durabilidad -Resistencia al impacto Color Textura Flexibilidad	-gr/cm3 -Kg/cm2 -pH	Enfoque: Enfoque cuantitativo. Alcance o nivel: Alcance explicativo. Diseño: Diseño cuasi experimental. Técnica de investigación: Observación Instrumentos: Fichas de campo y ficha de laboratorio de corte directo. Población:

Problemas específicos ¿Cuál será el efecto de la inserción de 1 capa de mallas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo?	Objetivos específicos Determinar el efecto de la inserción de 1 capa de mallas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.	Hipótesis específicas La inserción de 1 capa de mallas de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.	Variable dependiente Resistencia a la flexión de la madera	Resistencia a la flexión con Inserción de 1, 2 y 3 capas de Mallas de HDPE a la madera tornillo.	-Resistencia a la flexión del material compuesto de madera tornillo con inserción de mallas Raschel.	-Kg/cm ² -NTP	La población va estar conformada por 40 muestras, en este caso de madera tornillo con y sin inserción de mallas de polietileno de alta densidad. Muestra: La muestra seleccionada es no probabilística implica que no todos los individuos de la población tienen una probabilidad igual y conocida de ser seleccionados para formar parte de la muestra. En cambio, los elementos se eligen de manera subjetiva y no aleatoria.
¿Cuál será el efecto de la inserción de 2 capas de mallas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo?	Determinar el efecto de la inserción de 2 capas de mallas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.	La inserción de 1 capa de mallas de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.					
¿Cuál será el efecto de la inserción de 3 capas de mallas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo?	Determinar el efecto de la inserción de 3 capas de mallas de HDPE en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.	La inserción de 1 capa de mallas de HDPE tiene un efecto significativo en la resistencia a la flexión de la madera tornillo.					

ANEXO 2

Instrumentos de recojo de datos

Certificado de calidad del equipo de laboratorio



Commercialización de Equipos
Para Laboratorio - Ingeniería Civil
Suelos - Asfaltos - Concreto

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



Telf: +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





MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	MADERA. MÉTODO PARA DETERMINAR LA FLEXIÓN ESTÁTICA					
NORMA:	NTP- 251.017 - 2004					
PROYECTO:	EFECTO SIGNIFICATIVO EN LA INSERCIÓN DE MALLAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN LA MADERA TORNILLO (CEDRELINGA CATENAEFORMIS), HUÁNUCO - 2024					
SOLICITA:	Bach. EULOGIA MIRTHA ALBORNOZ TUCTO					
FECHA:	DICIEMBRE 2024					
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000					

MUESTRA	MALLAS RASCHEL DE HDPE	FECHA DE ENSAYO	ESPECÍMENES			CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	MOR (kg/cm ²)
			(L) cm	(a) cm	(e) cm			
M-1	1 CAPA	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.63 KN	268.59 kg	225.61 kg/cm ²
M-2	1 CAPA	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.69 KN	274.40 kg	230.50 kg/cm ²
M-3	1 CAPA	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.69 KN	273.99 kg	230.15 kg/cm ²
M-4	1 CAPA	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.68 KN	273.18 kg	229.47 kg/cm ²
M-5	1 CAPA	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.67 KN	272.36 kg	228.78 kg/cm ²
M-6	1 CAPA	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.66 KN	271.55 kg	228.10 kg/cm ²
M-7	1 CAPA	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.66 KN	271.44 kg	228.01 kg/cm ²
M-8	1 CAPA	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.68 KN	273.28 kg	229.55 kg/cm ²
M-9	1 CAPA	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.67 KN	271.95 kg	228.44 kg/cm ²
M-10	1 CAPA	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.66 KN	271.14 kg	227.76 kg/cm ²

PROMEDIO 2.67 KN 272.19 kg 228.64 kg/cm²

$$MOR = \frac{3PL}{2a^2e^2}$$

En donde:

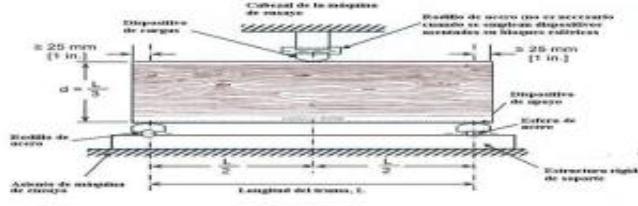
Mor: Es el módulo de rotura, en

P: Es la carga máxima de rotura

L: distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm).

a: ancho de la probeta (cm)

h: espesor de la probeta (cm)



N° 173- Jr. Las Fresas – Pilcomarca – Cayhuana

laboratorio.montana.ing@gmail.com

962306428


MONTAÑA
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEL. LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS


Ing. Samuel Juvito Falcon Paredes
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968



MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	MADERA. MÉTODO PARA DETERMINAR LA FLEXIÓN ESTÁTICA					
NORMA:	NTP- 251.017 - 2004					
PROYECTO:	EFECTO SIGNIFICATIVO EN LA INSERCIÓN DE MALLAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN LA MADERA TORNILLO (CEDRELINGA CATENAEFORMIS), HUÁNUCO - 2024					
SOLICITA:	Bach. EULOGIA MIRTHA ALBORNOZ TUCTO					
FECHA:	DICIEMBRE 2024					
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000					

MUESTRA	MALLAS RASCHEL DE HDPE	FECHA DE ENSAYO	ESPECÍMENES			CARGA MÁXIMA (kN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	MOR (kg/cm ²)
			(L) cm	(a) cm	(e) cm			
M-1	2 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.71 kN	276.34 kg	232.12 kg/cm ²
M-2	2 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.73 kN	278.38 kg	233.84 kg/cm ²
M-3	2 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.75 kN	280.42 kg	235.55 kg/cm ²
M-4	2 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.74 kN	279.40 kg	234.69 kg/cm ²
M-5	2 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.77 kN	282.46 kg	237.26 kg/cm ²
M-6	2 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.79 kN	284.50 kg	238.98 kg/cm ²
M-7	2 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.80 kN	285.52 kg	239.83 kg/cm ²
M-8	2 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.78 kN	283.48 kg	238.12 kg/cm ²
M-9	2 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.79 kN	284.50 kg	238.98 kg/cm ²
M-10	2 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.81 kN	286.54 kg	240.69 kg/cm ²

PROMEDIO 2.77 kN 282.15 kg 237.01 kg/cm²

$$MOR = \frac{3PL}{2a^2e}$$

En donde:

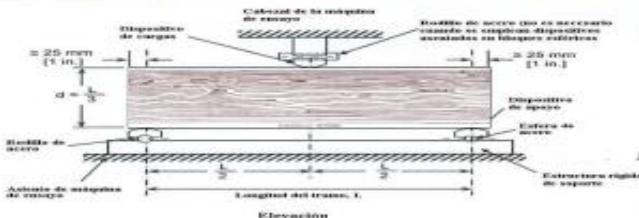
Mor: Es el módulo de rotura, en

P: Es la carga máxima de rotura

L: distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm).

a: ancho de la probeta (cm)

h: espesor de la probeta (cm)



N° 173- Jr. Las Fresas – Pilcomarca – Cayhuayna

laboratorio.montana.ing@gmail.com

962306428

AQUINO GARCÍA KEVIN JHOEL
TIC. LABORATORISTA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Santiago J. Falcón Paredes
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968



ENSAYO:	MADERA. MÉTODO PARA DETERMINAR LA FLEXIÓN ESTÁTICA					
NORMA:	NTP- 251.017 - 2004					
PROYECTO:	EFECTO SIGNIFICATIVO EN LA INSERCIÓN DE MALLAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN LA MADERA TORNILLO (CEDRELINGA CATENAEFORMIS), HUÁNUCO - 2024					
SOLICITA:	Bach. EULOGIA MIRTHA ALBORNOZ TUCTO					
FECHA:	DICIEMBRE 2024					
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000					

MUESTRA	MALLAS RASCHEL DE HDPE	FECHA DE ENSAYO	ESPECÍMENES			CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	MOR (kg/cm ²)
			(L) cm	(a) cm	(e) cm			
M-1	3 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.48 KN	252.89 kg	212.42 kg/cm ²
M-2	3 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.51 KN	255.64 kg	214.74 kg/cm ²
M-3	3 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.49 KN	254.21 kg	213.54 kg/cm ²
M-4	3 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.52 KN	256.96 kg	215.85 kg/cm ²
M-5	3 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.53 KN	258.39 kg	217.05 kg/cm ²
M-6	3 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.55 KN	259.82 kg	218.25 kg/cm ²
M-7	3 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.59 KN	263.90 kg	221.67 kg/cm ²
M-8	3 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.60 KN	265.12 kg	222.70 kg/cm ²
M-9	3 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.61 KN	266.14 kg	223.56 kg/cm ²
M-10	3 CAPAS	14/12/2024	70 cm	5 cm	5 cm	2.63 KN	268.18 kg	225.27 kg/cm ²
			PROMEDIO			2.55 KN	260.13 kg	218.51 kg/cm²

$$MOR = \frac{3 P I}{2 a e^2}$$

En donde:

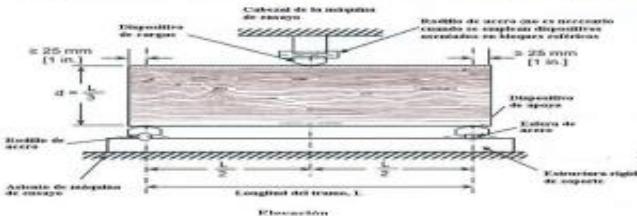
Mor: Es el módulo de rotura, en

P: Es la carga máxima de rotura

L: distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm).

a: ancho de la probeta (cm)

h: espesor de la probeta (cm)



N° 173- Jr. Las Fresas – Pilcomarca – Cayhuayna

laboratorio.montana.ing@gmail.com

962306428

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

Ing. Samuel Juanito Palca Paredes
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

ANEXO 3

PLANO DE UBICACIÓN - LOCALIZACIÓN

