

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



RESISTENCIA A LA HUMEDAD DE LA MADERA DE QUINILLA

(*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) PROTEGIDAS POR DOS

MÉTODOS UTILIZANDO COMO IMPERMEABILIZANTE AL

RESIDUO DEL ACEITE DE MOTO

Tesis para optar el título profesional

INGENIERO FORESTAL

JOB JOSUE PEREA TORRES

Pucallpa, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 008-2025-CGT- FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 11:20 del día 11 de noviembre del 2025, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que fueron designados según Memo Múltiple N° 056-2025-UNU-FCFyA-CGT conformado por los siguientes docentes:

Mg. Desiderio Vásquez Plácido	Presidente
Dra. María Angélica Flores Romaina	Miembro
Dra. Julissa Katy Bautista Valencia	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de la tesis titulado: **“RESISTENCIA A LA HUMEDAD DE LA MADERA DE QUINILLA (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) PROTEGIDAS POR DOS MÉTODOS UTILIZANDO COMO IMPERMEABILIZANTE AL RESIDUO DEL ACEITE DE MOTO”**, presentado por el Bachiller **JOB JOSUE PEREA TORRES**, asesorado por el M.Sc. Moisés Torres Velasco. Finalizando la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, siendo absueltas por el sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD**, y recomendación de publicación, después del levantamiento de las observaciones del jurado, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**. Siendo las 12:30 pm del mismo día, se dio por culminado el acto académico, firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

Mg. Desiderio Vásquez Plácido
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romaina
Miembro

Dra. Julissa Katy Bautista Valencia
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Mg. Desiderio Vásquez Plácido



Presidente

Dra. María Angélica Flores Romaina



Miembro

Dra. Julissa Katy Bautista Valencia



Miembro

M.Sc. Moisés Torres Velasco



Asesor

Bach. Job Josue Perea Torres



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/304-2025.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"RESISTENCIA A LA HUMEDAD DE LA MADERA DE QUINILLA (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) PROTEGIDAS POR DOS MÉTODOS UTILIZANDO COMO IMPERMEABILIZANTE AL RESIDUO DEL ACEITE DE MOTO"

Autor(es) : PEREA TORRES, JOB JOSUE
Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela : ING. FORESTAL
Asesor(a) : Mg. TORRES VELASCO, MOISES

Presenta un **porcentaje de similitud de 1%**, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 06/06/2025



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Job Josue Perea Torres

Autor de la tesis titulada: Resistencia a la humedad de la madera de quinilla (Menillera bidentata (A.DC.) A. Chev.) protegidos por dos métodos utilizando como impermeabilizante el residuo del aceite de moto

Sustentada el año 2025

Asesor(a): Ing. Msc. Moisés Torres Velasco

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Forestal

Autorizo la publicación:

PARCIAL

☐

TOTAL

☒

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 11 / 11 / 2025

Email: peretorresjobjosue@gmail.com Firma: [Firma]

Teléfono: 990 980 570 DNI: 75307764

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante en mi vida profesional.

A mi amada madre Ibeth Torres Panduro, de quien estoy muy agradecido por haberme hecho profesional, por su apoyo incondicional, sacrificio, esfuerzo y confianza en mi capacidad.

A mi Papá Josué Perea Silva, por sus consejos para hacer de mí una gran persona.

A mi Esposa Nayelly Diego, por brindarme su amor, comprensión, tiempo. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y apoyándome hasta donde tus alcances lo permitían.

A mi Hijo(a) que está en camino, que es mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mi Hermano y Colega Jhon Perea, que estuvo conmigo desde mis inicios brindándome sus conocimientos.

A mis hermanas, compañeros y amigos en general, que de una u otra manera han contribuido en mí.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por iluminar mi camino y brindarme la fuerza y sabiduría necesaria para culminar esta etapa de mi vida.

En segundo lugar, agradezco a mis Padres por ser el pilar fundamental de este proceso, por sus apoyos y palabras. A mi esposa y mi hijo(a) quien viene en camino, por demostrarme que el verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere. A mi familia en general que me ayudaron en la realización de este trabajo.

En tercer lugar, agradezco también a los docentes de la escuela profesional de ingeniería forestal de la Universidad Nacional de Ucayali, por haberme contribuido con sus conocimientos.

En cuarto lugar, agradezco a mi asesor al Ing. M.sc. Moisés Torres Velasco, por brindarme su conocimiento, apoyo, paciencia y orientarme durante todo el proceso de este trabajo de investigación.

Por último, agradecer a todas las personas en general que hicieron que este sueño de alcanzar el Título universitario se haga realidad, infinitamente gracias.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
INDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. Descripción del problema.....	17
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Justificación	19
1.4. Objetivos de la investigación.....	20
1.4.1. Objetivo General.....	20
1.4.2. Objetivos Específicos	21
CAPITULO II: MARCO TEORICO	22
2.1. Antecedentes del problema	22
2.1.1. Antecedentes internacionales	22
2.1.2. Antecedentes nacionales	25
2.2. Bases teóricas.....	28

2.2.1. Materiales para proteger la madera.....	28
2.3. Definición de términos básicos.....	39
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	40
3.1. Método de investigación	40
3.2. Población y muestra.....	40
3.2.1. Población	40
3.2.2. Muestra.....	40
3.3. Procedimiento de recolección de datos	41
3.3.1. Recolección de madera de quinilla	41
3.3.2. Recolección de residuo de aceite de moto.....	41
3.3.3. Secado y contenido de humedad de la madera	41
3.3.4. Elaboración de las probetas de madera.....	41
3.3.5. Etiquetado de las probetas.....	42
3.3.6. Medición de probetas antes de aplicar los tratamientos	42
3.3.7. Impermeabilizado de las probetas por el método de brochado	42
3.3.8. Impermeabilizado de las probetas por el método de inmersión	42
3.3.9. Inmersión en agua por 24 horas y 48 horas	42
3.3.10. Resistencia a la humedad.....	43
3.5. Tratamiento de datos	45
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1. Absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual.	47

4.2. Absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera Quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual bajo dos métodos de protección.	48
4.3. Hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual	49
4.4. Absorción de agua de la madera de quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual.....	53
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Recomendaciones	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXO 1: Matriz de consistencia	66
ANEXO 2: Formato de apuntes.....	67
ANEXO 03: Tratamientos	68
ANEXO 03: Panel fotográfico.....	69

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Análisis de varianza de los métodos de protección de la madera de quinilla	46
Tabla 2.	Valores de hinchamiento volumétrico y absorción de agua de la madera de quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual con dos métodos de protección.	47
Tabla 3.	Resumen de la resistencia a la humedad de la madera quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual bajo dos formas de protección.....	48
Tabla 4.	Análisis de varianza del hinchamiento volumétrico en 24 horas y 48 horas de la madera quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual utilizando dos métodos de protección.	49
Tabla 5.	Prueba de comparación múltiple de promedios – Tukey (0.05) sobre el hinchamiento volumétrico en 24 horas y 48 horas.....	49
Tabla 6.	Análisis de varianza de la absorción de agua en 24 horas y 48 horas de la madera quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual utilizando dos métodos de protección.	53
Tabla 7.	Prueba de comparación múltiple de promedio – Tukey (0.05) sobre la absorción de agua en 24 horas y 48 horas	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Brochado con aceites naturales.....	30
Figura 2.	Aceite de moto usado (aceite quemado).....	31
Figura 3.	Barnizado de la madera con aceite quemado.....	32
Figura 4.	Almacenamiento de aceite usado	33
Figura 5.	Madera podrida	36
Figura 6.	Inmersión de la madera	38
Figura 7.	Protección de la madera por brochado	38
Figura 8.	Diseño con posprueba únicamente y grupo de control	40
Figura 9.	Hinchamiento volumétrico de la madera quinilla protegida con aceite residual de moto utilizando dos métodos de protección .	52
Figura 10.	Absorción de agua de la madera quinilla protegida con aceite residual de moto utilizando dos métodos de protección.....	54
Figura 11.	Método del brochado	68
Figura 12.	Método de inmersión.....	68
Figura 13.	Compra de madera quinilla	69
Figura 14.	Recolección de aceite residual de moto.....	69
Figura 15.	Elaboración de probetas	70
Figura 16.	Medición de probetas.....	70
Figura 17.	Brochado de la madera con aceite residual	71
Figura 18.	Inmersión de la madera con aceite residual de moto.....	71
Figura 19.	Medición de probetas protegidas con aceite residual de moto .	72
Figura 20.	Peso de la madera con aceite residual de moto	72

RESUMEN

La madera está expuesta a factores que lo deterioran, uno de ellos es la humedad, razón por la cual es necesario protegerla, uno de los residuos que se generan a diario es el aceite quemado o residuo de aceite de moto en los talleres de mecánica en la ciudad de Pucallpa. Este residuo fue reciclado y utilizado para proteger a la madera de quinilla, esta especie es ampliamente utilizado para cercos y elementos estructurales. En ese sentido el objetivo fue determinar si la madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) protegida por dos métodos utilizando como impermeabilizante al residuo de aceite de moto brinda mayor resistencia a la humedad. Se recolecto madera de quinilla de los centros de venta de madera en la ciudad de Pucallpa. Se hizo probetas de 10cm x 1.5cm x 1.5cm; se tuvo como muestra 120 probetas, por cada tratamiento se utilizó 40 probetas. Se utilizó dos métodos de protección: brocha e inmersión, además se incorporó en la investigación el testigo. Para el análisis de los datos se utilizó el análisis de varianza unifactorial. Los resultados indican que la madera de quinilla protegidas con residuo de aceite de moto aplicando brocha e inmersión obtienen menor hinchamiento volumétrico y absorción de agua, se requiere hacer mantenimiento cada 2 o 3 veces al año para prolongar la protección de la madera con el aceite ya que el agua lava el recubrimiento de la madera.

Palabras clave: brochado, humedad, inmersión, residuo de aceite de moto.

ABSTRACT

Wood is exposed to factors that deteriorate it, one of them being humidity, which is why it is necessary to protect it. One of the waste products generated daily is burnt oil or motorcycle oil residue. This residue will be recycled and used to protect quinilla wood, a species used for fences and structural elements. In this sense, the objective was to determine if quinilla wood (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) protected by two methods using motorcycle oil residue as a waterproofing provides greater resistance to humidity. Quinilla wood was collected from wood sales centers in the city of Pucallpa. 10cm x 1.5cm x 1.5cm test tubes were made; 120 test tubes were taken as a sample, 40 test tubes were used for each treatment. Two protection methods were used: brush and immersion, and the witness was also incorporated into the investigation. The results indicate that quinilla wood protected with motorcycle oil residue applied by brushing and immersion exhibits less volumetric swelling and water absorption. Maintenance is required two to three times a year to prolong the protection of the wood with the oil, as water washes away the coating.

Keywords: motorcycle oil residue, moisture, brushing, immersion.

INTRODUCCIÓN

Cuando el hombre empezó a utilizar la madera en sus diferentes labores, comenzó a entender y comprender las cualidades de este material, y justamente una de sus desventajas era la capacidad que tiene la madera de absorber y ceder agua de acuerdo al medio circundante, razón por la cual las piezas de madera empiezan a deteriorarse ya sea por factores bióticos o abióticos, incluso ambos (Martínez, 2017).

En la ciudad de Pucallpa la madera de quinilla es una de las maderas más utilizadas por su propiedades mecánicas y físicas que esta ofrece, sin embargo, aún sigue siendo todo un reto prolongar la vida útil de esta madera cuando está en pleno uso. Esta madera es utilizada para cercos de terrenos de viviendas, e incluso utilizado como elemento estructural de las viviendas como columnas, vigas, viguetas, tijerales, entre otros.

En la ciudad de Pucallpa también se evidencia altas cifras de talleres de mecánica de motos, en donde a diario cambian aceite de moto originando residuo líquido como es el aceite quemado “conocido por la población”. Este aceite es no polar con el agua, y debido a esa característica es que es utilizado como protector de madera.

Con todo ello el presente estudio pretende utilizar un residuo como el aceite de moto justamente para proteger a la madera, de esa manera se estaría apostando por el reciclaje de este aceite de moto para ser utilizado en los diferentes trabajos en donde la madera será expuesta a la intemperie. Para el estudio se dirá que el aceite es resistente a la humedad si evita o reduce el ingreso del agua en la madera.

En el campo de la protección de la madera existen muchos métodos, sin embargo, con el método del brochado e inmersión de la madera protegida con aceite y expuesta en agua se verá si anula o reduce el ingreso de humedad en la madera, esta es un indicador si estos métodos y el aceite son alternativas para ser usado como protector de madera. El informe está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I: se explicará la problemática que llevo a realizar el estudio.

Capítulo II: las temáticas relacionadas al estudio de investigación.

Capítulo III: metodología de la investigación.

Capítulo IV: resultados y discusión.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Desde que el hombre le dio un uso a la madera, éste comenzó a comprender las cualidades y desventajas de este material fibroso y leñoso, con el paso del tiempo el hombre comprendió como las condiciones de humedad, agentes biológicos y otros de naturaleza no biológica contribuían al deterioro de dicho material, por lo que obligó a utilizar sustancias para brindar mayor durabilidad. Todo ello con la finalidad de separar la madera de la humedad (Martínez, 2017).

La humedad siempre estará presente durante el servicio de vida de la madera, es un factor que teóricamente representa la reducción de la resistencia y módulo de elasticidad de la madera (Elige madera, 2021).

Siempre se piensa que la madera se pudre con el paso del tiempo, es algo que va suceder de manera natural, sin embargo, la madera se degrada sí, pero únicamente en determinadas condiciones; si bien es cierto que la madera está clasificada por su uso, pues corre riesgo con el grado de humedad circundante, es por eso que se requiere investigar más sobre la protección de la madera prolongando su vida útil (Sanchez, sf).

El agua terminará afectando a la madera, pueden pasar años hasta que la madera esté realmente deteriorada por la acción del agua, pero lo estará, es importante conocer o elegir tratamientos superficiales o tratamientos más profundos que vuelva a la madera resistentes a la intemperie (Maderame, 2024).

En las ciudades siempre se va generar residuos de aceite de moto, el mal manejo de este residuo puede causar contaminación en agua, suelo y aire, pues son considerados como residuos peligrosos por sus características de inflamabilidad y toxicidad. Este residuo al ser de baja biodegradabilidad permanecen en el medio migrando a través del suelo con el riesgo que terminen en un pozo y se puedan consumir por parte de la población pudiendo ocasionar desde salpullidos, problemas gastrointestinales, anemias u otros (Jurado, 2017). Es por eso que una de las alternativas de reciclar a este residuo es como protector, debido a sus características sería para uso exterior (Sabaté, 2017).

En ese sentido la presente investigación pondrá como estudio el uso del aceite usado bajo dos formas de protección en la madera como lo son por brochado e inmersión. La propuesta del trabajo es comprobar la eficacia de este aceite usado como protector y brindarle un valor agregado en el campo de la construcción específicamente uso externo. La especie a trabajar será la quinilla por ser una madera dura y muy resistente, además de ser utilizado en casi todas las viviendas para uso estructural y cercos como postes. La idea también es prolongar la vida útil a las piezas de madera impermeabilizándolo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

- ¿La madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) protegida por dos métodos utilizando como impermeabilizante al residuo de aceite de moto brindará mayor resistencia a la humedad?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿cuáles serán los valores de resistencia a la humedad como la absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) impermeabilizándolo con residuo de aceite de moto mediante el método del brochado?
- ¿cuáles serán los valores de resistencia a la humedad como absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) impermeabilizándolo con residuo de aceite de moto mediante el método de inmersión?
- ¿cuáles serán los valores de absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) sin impermeabilizarlo con residuo de aceite de moto?
- ¿habrá diferencia en la resistencia a la humedad de la madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) protegida con residuo de aceite de moto y la madera no protegida (testigo)?

1.3. Justificación

El estudio sobre las bondades y limitaciones de la madera permitirá un balance crítico de las ventajas y desventajas en su uso, la protección de la madera debe aplicarse ya que es un material capaz de absorber moléculas de agua. Por eso la madera debe ser protegida de ser destruida, es por eso la importancia de la preservación de la madera (Martínez, 2017).

Si bien es cierto los dueños de las vulcanizadoras venden su aceite usado o lo refinan, pues crearle un uso más eficiente en la construcción incrementaría los ingresos de las vulcanizadoras aparte de realizar

trabajos de mecánica, eléctrica, etc., pues los constructores a base de madera lo utilizarían para uso externo; por ejemplo los listones es utilizado como postes para cercos y son expuestos a la intemperie, que generalmente la parte empotrada (lo que está dentro del suelo) empieza a podrirse con el pasar del tiempo.

La eficiencia de este residuo implica un correcto tratamiento de barnizado o protección a la madera; los más conocidos y más rápido son el brochado y la inmersión; en la presente investigación se pondrá a prueba estas técnicas y demostrará cuál de ellas contribuye a la reducción de la absorción de agua, hinchamiento volumétrico y expansión lineal de la madera. Para la presente investigación se dirá que el tratamiento es resistente a la humedad si presente valores bajos de hinchamiento volumétrico y absorción de agua.

Conocer el efecto de este residuo permitirá usarlo de manera responsable por parte de la población, puesto que es un residuo de fácil acceso; para el brochado y la inmersión lo pueden acondicionar y utilizarlo en sus hogares. La presente investigación busca reciclar residuos que abundan en la región como los aceites usados y aprovecharlos como protectores de madera.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

- Determinar si la madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) protegida por dos métodos utilizando como impermeabilizante al residuo de aceite de moto brinda mayor resistencia a la humedad.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Obtener los valores de absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) impermeabilizándolo con residuo de aceite de moto por el método del brochado
- Obtener los valores de absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) impermeabilizándolo con residuo de aceite de moto por el método de inmersión
- Obtener los valores de absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) sin protección.
- Determinar si la madera de quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev) protegida con residuo de aceite de moto difiere en la resistencia a la humedad con la madera sin protección (testigo).

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Belchinskaya et al. (2021), en su trabajo “Impregnación de madera con aceite de motor usado para aumentar la resistencia al agua y a la biorresistencia”. La impregnación es un método común para proteger la madera de las influencias externas. Este estudio propuso el uso de aceite de motor usado como una composición de impregnación para modificar la madera de abedul para hacerla resistente a la degradación biológica y al agua. Se han determinado los indicadores de resistencia al agua y estabilidad dimensional de la madera, como el ángulo de contacto de humectación, el análisis termogravimétrico, la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y las pruebas de biodegradación. Se ha encontrado que el tratamiento con aceite de motor usado aumenta significativamente la estabilidad dimensional (56,8% y 45,7% en direcciones tangencial y radial) y los indicadores de resistencia al agua de la madera. El análisis termogravimétrico ha mostrado que las curvas para los especímenes impregnados fueron diferentes del grupo de control y tuvieron dos picos agudos a 302 y 357 °C. Sin embargo, FTIR indicó que no ocurren reacciones químicas claras entre el aceite de motor usado y la madera. Un estudio sobre la resistencia de la madera a la degradación biológica ha mostrado un aumento significativo en la resistencia contra la podredumbre parda (hongos *Poria placenta*) en los especímenes tratados, en contraste con el grupo de control. De esta forma, la

impregnación de la madera con aceite de motor usado permite aumentar la resistencia de la madera al agua y a la degradación biológica.

Mercacei (2018), menciona que el investigador Elke van Nieuwenhuijzen en su tesis doctoral, donde estudio los hongos negros en madera engrasada con aceite de oliva comprobando que se comportan como un biofinish que preserva el estado natural de la madera. Concluye que el aceite de oliva y hongos colorea la madera y la protege de la podredumbre y la degradación de la luz solar. Además, ofrece una ventaja adicional: el hongo repara automáticamente los daños en la capa protectora, según ha informado la Universidad Tecnológica de Eindhoven (Países bajos).

Carvalho et al. (2015), en su investigación “Eficacia del aceite de motor usado como conservante de maderas amazónicas expuestas a termitas xilófagas”. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia del aceite de motor usado como conservante de maderas amazónicas expuestas a termitas xilófagas. Muestras de *Trattinnickia rhoifolia* (amescla), *Erisma uncinatum* (cedrinho) y *Copaifera langsdorffii* (copaíba), de 2 x 2 x 10 cm, se sometieron a tratamientos de conservación mediante remojo rápido (5 minutos) y prolongado (24 horas) en un producto oleoso con diferentes viscosidades, SAE 10 y SAE 15. Se determinó la tasa de retención del aceite de motor usado en cada muestra tras la aplicación de los tratamientos de conservación. Las muestras tratadas y no tratadas se sometieron a una prueba de preferencia alimentaria con *Nasutitermes* sp. (termita xilófaga) durante 45 días para evaluar la eficacia del tratamiento de conservación, con determinación de

la pérdida de masa al final de este período. El período de remojo y la viscosidad del aceite de motor usado no influyeron estadísticamente en la tasa de retención, excepto en el caso de la madera de cedrinho. En cuanto a las maderas evaluadas, la madera de copaiba presentó la mayor tasa de retención, difiriendo estadísticamente de las maderas de amescla y cedrinho. Todas las muestras tratadas con aceite de motor usado mostraron ataque de termitas xilófagas, lo que demuestra la eficacia de esta sustancia como tratamiento conservante. Entre las maderas sin tratar, la copaiba y el cedrinho presentaron las tasas más altas y más bajas de pérdida de masa, respectivamente.

Oluyinka et al. (2010), en su trabajo "Absorción y efecto del aceite de motor usado como conservante de la madera". Este estudio investiga los métodos para mejorar la absorción de aceite de motor usado por la madera. Se obtuvieron muestras de madera de *Gmelina arborea*, *Terminalia superba* y *Ceiba pentandra* y se aserraron en estacas de madera de 35 mm x 35 mm x 220 mm. Las muestras se pesaron y se dividieron en dos juegos. Un juego fue inciso y el otro no. Todas las muestras se secaron en horno a 103 ± 20 °C, se registró su peso secado en horno y se trataron con aceite de motor usado utilizando los métodos de tratamiento en caliente, remojo en frío y cepillado. Las muestras tratadas también se expusieron al ataque de termitas. El resultado mostró que el porcentaje medio de absorción del pretratamiento de la madera (con incisión y sin incisión) fue del 13,6 % y el 11,6 %, respectivamente. El resultado del análisis de la absorción media mostró diferencias significativas en el pretratamiento de la madera, los métodos de aplicación

y la tasa de absorción de las especies de madera individuales. La incisión de las muestras de madera incrementó la absorción del conservante, mientras que la estructura anatómica de la especie también tuvo un efecto significativo en la tasa de absorción. La clasificación ASTM demostró que el aceite de motor usado proporcionó cierta protección, y el método de tratamiento en caliente brindó suficiente protección contra las termitas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vásquez (2021), Evaluación del comportamiento estructural de la madera tornillo dependiendo del contenido de humedad – Chiclayo. Se midió la humedad de la madera y a la vez se realizó ensayos mecánicos como tracción, compresión y flexión con la finalidad de determinar qué porcentaje de humedad se comporta estructuralmente en forma óptimo. Según los resultados indican que existe una relación inversamente proporcional entre el contenido de humedad y la resistencia a la flexión. Existe una relación directamente proporcional entre el contenido de humedad y la compresión paralela, finalmente existe una relación inversamente proporcional entre el contenido de humedad y la tracción.

Valdivia (2021), en su trabajo “Desarrollo y evaluación del tratamiento térmico para las maderas comerciales peruanas de alta y baja densidad “Capirona y Pashaco”. La madera generalmente es preservada con soluciones que presentan en su composición sales de cobre, cromo y arsénico los que a su vez generan emisiones tóxicas cuando el producto es puesto en servicio. Este trabajo desarrolla y evalúa el tratamiento térmico en las maderas comerciales peruanas de alta y baja densidad:

“Capirona” y “Pashaco” como alternativa de preservación de madera. Muestras de madera de ambas especies fueron tratadas en un horno a temperaturas de 160, 180 y 200 °C durante 4 horas para posteriormente ser evaluadas a través de ensayos físicos de contenido de humedad, densidad básica, estabilidad dimensional, absorción de agua, pérdida de masa y el ensayo mecánico de compresión paralela a las fibras. Los ensayos físicos realizados demostraron que existe una disminución de la higroscopicidad del material a medida que se incrementa la temperatura de tratamiento siendo la temperatura de 200 °C la que mayor reducción obtuvo y el ensayo mecánico manifestó un incremento en el esfuerzo para ambas maderas tratadas a las temperaturas de 160 y 180 °C. Estos resultados evidencian que el tratamiento térmico es una buena alternativa de preservación de maderas, además de dar a conocer las nuevas características de estas especies tratadas, permitiendo mayores aplicaciones como materiales, sea a nivel industrial, estructural, arquitectónico, carpintería, etc.

Hurtado (2022), en su trabajo “Estado situacional del manejo de aceite lubricante usado en los talleres de mecánica automotriz de la ciudad de Chota – 2020”. Esta investigación tuvo por objetivo evaluar el estado situacional del manejo de aceite lubricante usado en los talleres de mecánica automotriz de la ciudad de Chota; investigación de tipo descriptivo, donde la muestra estuvo constituida por 30 talleres mecánicos a los que se aplicó un cuestionario diseñado para evaluar las diferentes etapas del manejo de aceites lubricantes usados según lo establecido en la Norma Técnica Peruana 900.051 (2008). Con la investigación se logró

determinar que en la ciudad de Chota se genera mensualmente 2918,36 galones de aceite lubricante usado, además que el 100% de los talleres no cumplen con las especificaciones establecidas por la referida norma, también se determinó que el 66,67% de talleres realizan el cambio de aceite en la vía pública y los recipientes utilizados no son los adecuados para recoger y almacenar el aceite residual, provocando derrames; por lo que se concluyó que en los talleres automotrices de la ciudad de Chota no se realiza un adecuado manejo de aceites lubricantes usados debido a que las condiciones en las etapas de generación, recolección y almacenamiento son deficientes.

Mansilla (2023), Análisis del comportamiento de las propiedades físico – mecánicas de la madera Eucaliptus glóbulos, tratada con parafina, cera de abeja y aceite de cocina usado (ACU) para uso estructural – Písac. se analiza cómo varían las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con parafina, cera de abeja y aceite de cocina usado para uso estructural en Pisac. La aplicación se realiza por inmersión prolongada, el alcance de la investigación es descriptivo correlacional, busca especificar las propiedades físico-mecánicas de la madera que se someta a un análisis, que pretende medir y recoger información. El estudio es cuantitativo y aplicativo, el objetivo es demostrar experimentalmente los cambios en la madera en su estado natural como cuando es tratada. Se realizó un breve estudio del lugar identificando de que cumpla con las características, el estudio de la población se centró en el Distrito de Pisac y en la cuantificación se recogió un total de 720 muestras, estas muestras se clasifican en cuatro grupos,

180 muestras en estado natural, 180 muestras tratadas con Parafina, 180 muestras con Cera de Abeja y 180 con Aceite de Cocina Usado. La madera fue cortada, transportada y almacenada de acuerdo a la Norma, las muestras fueron evaluadas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco. Se realizaron los siguientes Ensayos respectivos y se tuvo como resultado; las muestras de madera tratadas con parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado, presentó una mejora significativa. En el ensayo de contenido de humedad, las muestras tratadas revelan resistencia a los agentes como hongos, polilla y entre otros. En el ensayo de dureza de Brinell, la madera exhibe la capacidad de soportar cargas y resistirlas eficazmente. En los ensayos de resistencia a la compresión paralelo y perpendicular al grano, resistencia al cizallamiento y resistencia a la flexión estática muestran que la madera Eucaliptus Glóbulos tratada con Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado tiene una mejora significativa y pueden utilizarse con fines estructurales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Materiales para proteger la madera

We School (2024), indica que existe existen varios tipos de aceites para proteger y nutrir la madera, cada uno con sus propias características y beneficios. A continuación, se presenta una guía completa de los principales tipos de aceites para la madera:

- **Aceite de linaza:** Es un aceite natural que se obtiene de las semillas de lino y que se utiliza desde hace siglos como protector y nutriente para la madera. El aceite de linaza penetra en la madera y la protege de la

humedad, los insectos y los hongos. Es ideal para maderas exteriores y se puede aplicar tanto en crudo como cocido.

- **Aceite de tung:** Es un aceite natural que se obtiene de las semillas del árbol de tung y que se utiliza como protector y nutriente para la madera. El aceite de tung penetra en la madera y la protege de la humedad, los rayos UV y otros agentes externos. Es ideal para maderas exteriores y se puede aplicar tanto en crudo como cocido.
- **Aceite de teka:** Es un aceite natural que se obtiene de la madera de teka y que se utiliza como protector y nutriente para la madera. El aceite de teka penetra en la madera y la protege de la humedad, los rayos UV y otros agentes externos. Es ideal para maderas exteriores y se puede aplicar tanto en crudo como cocido.
- **Aceite de cedro:** Es un aceite natural que se obtiene de la madera de cedro y que se utiliza como protector y nutriente para la madera. El aceite de cedro penetra en la madera y la protege de la humedad, los insectos y los hongos. Es ideal para maderas exteriores y se puede aplicar tanto en crudo como cocido.
- **Aceite de nogal:** Es un aceite natural que se obtiene de las nueces de nogal y que se utiliza como protector y nutriente para la madera. El aceite de nogal penetra en la madera y la protege de la humedad, los rayos UV y otros agentes externos. Es ideal para maderas interiores y se puede aplicar tanto en crudo como cocido.
- **Aceite de oliva:** Es un aceite natural que se obtiene de las aceitunas y que se utiliza como protector y nutriente para la madera. El aceite de oliva penetra en la madera y la protege de la humedad y otros agentes

externos. Es ideal para maderas interiores y se puede aplicar tanto en crudo como cocido.

Cada tipo de aceite tiene sus propias características y beneficios, por lo que es importante elegir el adecuado para cada tipo de madera y uso.

Figura 1.

Brochado con aceites naturales



Nota: ¿Qué pasa si le pongo aceite quemado a la madera? (We School, 2024)

Aunque la impermeabilización es una técnica muy amplia e importante en la construcción y mantenimiento de diferentes estructuras, desde techos hasta paredes y pisos. Existen muchos métodos para lograr una buena impermeabilización, pero uno de los más económicos y efectivos es el uso de aceite quemado (Imperpiramide.es, 2024).

2.2.2. El aceite quemado y la madera

El aceite quemado es un líquido viscoso y oscuro que se forma cuando se calienta excesivamente, Aunque es considerado como un residuo, tiene propiedades impermeabilizantes y se utiliza en la industria de la construcción y en la fabricación de productos para el cuidado de la madera. Es importante tener en cuenta que el Aceite Quemado puede ser tóxico y su manipulación debe ser realizada con precaución. es útil para impermeabilizar porque actúa como una barrera protectora contra la humedad y el agua, el aceite penetra en los poros y los sella, evitando la

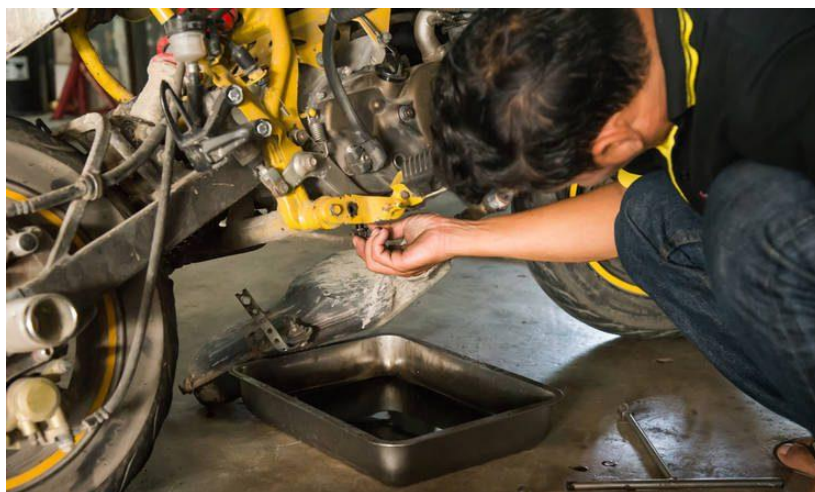
entrada de líquidos. Además, el aceite quemado es una opción económica y ecológica para la impermeabilización (Imperpiramide.es, 2024).

El aceite residual es un subproducto obtenido del mantenimiento vehicular, compuesto por aceites base minerales o sintéticos, aditivos y partículas de desgaste (Brito et al., 2017). Aunque su uso no está orientado a la preservación, se ha utilizado como impregnación en maderas debido a:

- Hidrorrepelencia: este aceite penetra en la estructura celular, reduciendo la absorción de agua (Sánchez & Ríos, 2014).
- Toxicidad para organismos xilófagos: contiene compuestos que resultan letales para hongos e insectos (Oliveira et al., 2005).
- Bajo costo y disponibilidad: es fácilmente obtenible en talleres mecánicos.

Figura 2.

Aceite de moto usado (aceite quemado)



Nota: cambio de aceite de la motocicleta (Bardahl, 2017).

Portones Chile (2024), en este contenido se indica los beneficios y riesgos que conlleva proteger a la madera con aceite quemado:

- El aceite quemado puede penetrar en la madera y causar daños estructurales a largo plazo. La madera se debilita y se vuelve más propensa a la pudrición y la deformación.
- Además, el aceite quemado puede afectar negativamente la apariencia de los portones, dejando manchas y decoloraciones difíciles de eliminar.
- El aceite quemado contiene sustancias tóxicas y contaminantes que pueden ser perjudiciales tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Estas sustancias pueden ser liberadas al suelo y al agua de riego, lo que puede afectar negativamente la calidad del suelo y del agua, así como la vida de las plantas y animales en la zona.
- El aceite quemado puede contener sustancias químicas que son dañinas para la madera, como por ejemplo ácidos y solventes. Estas sustancias pueden penetrar en la madera y debilitar su estructura a largo plazo.
- el aceite quemado puede acelerar el proceso de descomposición de la madera al atraer y retener la humedad, lo que lleva a la aparición de grietas, deformaciones y pudrición. También puede causar decoloración y manchas en la superficie de la madera.

Figura 3.

Barnizado de la madera con aceite quemado



Nota: ¿Qué pasa si le pongo aceite quemado a la madera? (We School, 2024)

Asimismo, el aceite quemado es un producto que se puede obtener fácilmente de los talleres mecánicos o de los vehículos que cambian el aceite del motor. Este aceite tiene la propiedad de penetrar en la madera y protegerla de la humedad, los insectos, los hongos y el sol. Además, le da un aspecto rústico y oscuro a la madera, lo que puede ser deseable para algunos proyectos (Nogales, 2023).

Figura 4.
Almacenamiento de aceite usado



Como se observa en la figura el cambio y el almacenamiento no es una tarea difícil. Sin embargo, muchos no saben qué hacer con el aceite usado o aceite viejo (Rodríguez, 2022).

Martínez et al. (2016), sostiene que con la impregnación con aceite residual mejora la durabilidad de la madera de baja resistencia natural hasta en un 60%; sin embargo, existen ciertas limitaciones tales como:

- Impacto ambiental: el aceite usado contiene metales pesados y compuestos orgánicos persistentes que pueden contaminar el suelo y el aire (EPA, 2018).
- Normativas restrictivas: en algunos países, su uso en aplicaciones que estén en contacto con el suelo agrícola o agua está prohibido.
- Estética y olor: oscurece la madera y deja un olor persistente.

2.2.3. Factores que afectan a la madera

Un elemento como la madera necesita de un tratamiento que evite que se dañe. Sobre todo, si la exponemos al exterior y recibe las inclemencias típicas de la intemperie como lluvias, humedad, cambios bruscos de temperatura. La luz del sol puede dañarlo y cuartearlo, además si dejamos que penetre el agua puede aparecer hongos, o puede ocurrir que la madera se pudra (Simon, 2024).

Infomadera (sf), los agentes destructores de la madera son:

El agua: El agua, en todas sus formas (lluvia, nieve, niebla, condensación nocturna, humedad) atraviesa la película de barniz, afectando principalmente a la madera.

Hongos: Los factores que regulan el desarrollo y el crecimiento de los hongos son la humedad de la madera, temperatura, oxígeno, luz y tipo o especie de madera.

Insectos: Los principales insectos que atacan la madera (los llamados perforadores de la madera, ya que excavan y construyen galerías en el interior de la madera).

Otros factores que afectan el comportamiento de la madera es el **contenido de humedad**, cuando la humedad de la madera aumenta esta pierde resistencia, quiere decir que el contenido de agua aumenta la materia sólida disminuye. **La densidad**, cuando tiene mayor densidad tendrá mayor cantidad de material sólido, menor cantidad de poros y por ende mayor resistencia mecánica. **La temperatura**, cuando hay mayor temperatura habrá mayor humedad, y si hay mayor humedad tendrá menor resistencia mecánica la madera (Ramos, 2024).

El agua es una de las principales causas del deterioro superficial de la madera, pues se debe a los cambios rápidos del contenido de humedad en la capa externa. La radiación solar, La radiación ultravioleta del espectro de la luz solar, degrada los componentes de la madera comenzando por la lignina. Los esfuerzos mecánicos, también pueden ser motivo de la degradación de la madera, pueden provocar fatiga y pérdida de resistencia en la madera. El continuo uso y rozamiento pueden provocar deformaciones y desgaste en las estructuras (WordPress.com, sf). Sin duda, la **humedad** y el **agua** en general son los agentes que más afectan a la madera y que además pueden desencadenar otro tipo de patologías. El primer efecto que tiene el agua en la madera es la hinchazón y deformación de sus fibras, al expandirse puede agrietar el recubrimiento o pintura que llevara la madera, afectando además a su aspecto estético (Aguirre y Baeza, sf).

Los efectos de la humedad sobre la madera son el hinchazón y contracción, que es el aumento o disminución de dimensiones; pérdida de propiedades mecánicas cuando el punto de saturación de las fibras esta superior a 30% (Skaar, 1988); asimismo, provoca mayor riesgo biológico ya que humedades superiores al 20% favorece el desarrollo de hongos de pudrición y moho (Zabel & Morell, 2020).

Figura 5.
Madera podrida



Nota: Patologías propias de la madera (Aguirre y Baeza, sf)

En ese sentido el agua y el sol son elementos importantes que afectan la durabilidad de la madera. Una madera que sea resistente a estos dos factores puede durar mucho más tiempo, ya sea para uso interior o exterior (Pergolas de madera, 2024).

2.2.4. Formas de aplicación de los tratamientos

Calone (2013), el método de tratamiento es el procedimiento por el que se aplica un protector a la madera, se pueden distinguir formas o procedimientos para tratar la madera, tal como se muestra a continuación:

2.2.4.1. Tratamiento de preservación

- **Pincelado:** se consigue una protección superficial contra la acción de agentes bióticos y contra la foto degradación.
- **Pulverización:** se consigue una protección superficial contra la acción de agentes bióticos y contra la foto degradación. La pulverización es más eficaz que el pincelado.
- **Inmersión instantánea** (período de tiempo entre algunos 10 segundos y 10 minutos). Se consigue una protección superficial contra la acción de agentes bióticos y contra la foto degradación.

- Inmersión prolongada (período de tiempo superior a 10 minutos). Se consigue una protección media contra la acción de agentes bióticos
- Tratamientos con vacío – presión. Se consigue una protección profunda contra la acción de agentes bióticos. En función de los vacíos y presiones que se realicen y de sus tiempos de aplicación se clasifican en:
 - Sistema de célula llena: su objetivo es conseguir la máxima retención del protector en la madera tratada.
 - Sistema de célula vacía: su objetivo es conseguir que el producto protector penetre profundamente en la madera
 - Doble vacío: su objetivo es proteger perimetralmente la pared celular

2.2.4.2. Tratamientos superficiales

Se caracterizan porque la penetración del protector en la madera apenas supera unos milímetros de profundidad. Son recomendables en la prevención de ataques superficiales. No son indicados en los casos de ataques en profundidad, cuando la madera vaya a estar expuesta a riesgos de humedades más o menos constantes, o del ataque de termitas. Estos tipos de tratamientos son aplicados mediante brochas, pulverizadores o inmersión rápida de la madera en un producto protector formado a partir de insecticidas y fungicidas. La penetración de unos milímetros del producto químico es suficiente como para evitar los ataques superficiales. La profundidad del tratamiento va a depender del tipo de producto, fundamentalmente del tipo de disolvente, la mayor o menor penetrabilidad de la madera y de las condiciones de ésta.

2.2.4.3. Tratamientos en profundidad

Son los más indicados cuando la madera está expuesta a humedad del exterior, o en contacto con el suelo o bien que estando en el interior tenga el riesgo de ataques de termitas. Son variados los sistemas, el boucherie o de sustitución de savia, consiste en que se introduce la madera en un depósito por varios minutos para que el producto protector vaya ocupando la savia del árbol. Los productos utilizados son sales, los que con la humedad de la madera y con el movimiento de la savia se introducen al interior por difusión.

Figura 6.
Inmersión de la madera



Nota: Conservación y protección de carretes (Madepal S.A.S., 2008)

Figura 7.
Protección de la madera por brochado



Nota: Tratamiento de maderas de exterior (Bricolaje, 2019)

2.3. Definición de términos básicos

Aceite o lubricante para moto: es un lubricante especialmente diseñado para lubricar y proteger los componentes del motor. Está formulado a partir de aceites minerales o sintéticos y se mezcla con aditivos químicos especiales para proporcionar una protección y lubricación adicionales (García, 2023).

Residuo de aceite de moto (aceite quemado): el aceite quemado es un líquido viscoso y oscuro que se forma cuando se calienta excesivamente, Aunque es considerado como un residuo, tiene propiedades impermeabilizantes y se utiliza en la industria de la construcción y en la fabricación de productos para el cuidado de la madera (Imperpiramide.es, 2024)

Humedad de la madera: agente que afecta a la madera, como primer efecto tiene el hinchazón y deformación de las fibras y que además pueden desencadenar otro tipo de patologías (Aguirre y Baeza, sf).

CAPITULO III

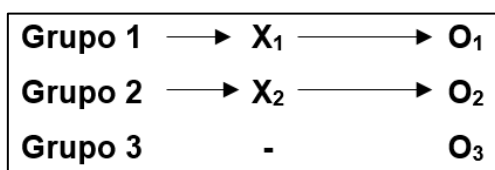
METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

La investigación fue cuantitativa de tipo experimental ya que existió una variable independiente como los métodos de protección: brocha, inmersión y sin tratamiento aplicados a la madera de quinilla. La variable dependiente fue la resistencia a la humedad. Para poder comparar la resistencia entre los tratamientos se utilizó el análisis de varianza de un factor o unifactorial.

Figura 8.

Diseño con posprueba únicamente y grupo de control



Nota: X₁: método del brochado, X₂: método de inmersión, -: sin estímulo

En la figura se observa que dos grupos recibió el tratamiento experimental y un grupo no (grupo de control) (Hernández et al., 2014).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población fue finita y estuvo conformada por 120 probetas de quinilla; cada tratamiento estuvo representada por 40 probetas.

3.2.2. Muestra

La muestra es poblacional ya que estuvo conformada por las 120 probetas de quinilla, en donde se utilizó 40 probetas por tratamiento. Esto indica que la muestra fue el 100% de la población.

3.3. Procedimiento de recolección de datos

3.3.1. Recolección de madera de quinilla

Los listones fueron ubicados de los centros de venta de madera en la ciudad de Pucallpa, se compró 15 listones de 4"x4", estas fueron llevadas a la carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.3.2. Recolección de residuo de aceite de moto

El residuo de aceite de moto fue obtenido de los centros de taller de mecánica de motos que se encuentran ubicados en la ciudad de Pucallpa, se recolectó 2 baldes; se hace hincapié que no se especificó la marca del aceite, ya que los talleres juntan todas en un solo recipiente. Aproximadamente se compra en botellas donde su precio es de 7 a 10 soles.

3.3.3. Secado y contenido de humedad de la madera

La madera fue cortada en listoncillos de 1"x1" para su secado, con ayuda del higrómetro de contacto se iba midiendo el contenido de humedad, cuando se llegó a un contenido de humedad comprendido entre 14 – 17% estuvo apto para proseguir con la siguiente etapa.

3.3.4. Elaboración de las probetas de madera

Con la sierra de disco se elaboró probetas de madera de 10cm x 1.5cm, en total se hizo 120 probetas que fue distribuida por los tratamientos.

3.3.5. Etiquetado de las probetas

Para identificar los tratamientos aplicados se etiqueto a todas las probetas de madera, esto sirvió para evitar confusiones al momento de hacer las mediciones.

3.3.6. Medición de probetas antes de aplicar los tratamientos

La madera antes de ser impermeabilizada fue sometido a medidas de largo, ancho, espesor y peso; estos datos fueron utilizados para obtener el hinchamiento volumétrico y absorción de agua en la madera antes y después de aplicar los tratamientos.

3.3.7. Impermeabilizado de las probetas por el método de brochado

Mediante este método de protección se hizo 3 veces el brochado de la madera, en la cual en cada brochado se hizo secar a la madera por un día para asegurar que este seco el recubrimiento en la madera.

3.3.8. Impermeabilizado de las probetas por el método de inmersión

Por el método de protección por inmersión la madera fue puesta en una bandeja contenida de residuo de aceite de moto por un día, luego esta se retiró del recipiente y fue secada. Fue nuevamente pesada para evidenciar que el aumento de peso se debe al recubrimiento que quedo en la superficie de la madera.

3.3.9. Inmersión en agua por 24 horas y 48 horas

Las probetas ya secas fueron sometidos a inmersión en agua por un tiempo de 24 horas y 48 horas, esto es para estimar el hinchamiento volumétrico y absorción de agua de la madera, además de analizar la función protectora del aceite.

3.3.10. Resistencia a la humedad

Hinchamiento volumétrico (NTP 251.012)

Se usó la NTP 251.012:2015 “Madera sólida – Contracción e hinchamiento volumétrico”, aunque su enfoque principal es medir la contracción (pérdida de volumen al secarse, los resultados pueden utilizarse para inferir el hinchamiento volumétrico inverso). El procedimiento se muestra a continuación:

- Se midió el volumen de las probetas (volumen seco).
- Se sumergió al agua.
- Se midió nuevamente el volumen de las probetas a las 24 horas y 48 horas (volumen saturado).
- Se usó la fórmula:

$$HV\% = \frac{Vh - Vs}{Vs} \times 100$$

Donde:

HV: hinchamiento volumétrico en horas (%)

Vh: volumen húmedo saturado en horas (cm³)

Vs= volumen seco (cm³)

Absorción de agua (NTP 251.009)

Se aplicó la NTP 251.009 “Madera: Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos”, esta norma ayudo a los procedimientos estableció los procedimientos para realizar los ensayos físicos, como el de absorción de agua. A continuación, se muestra el procedimiento:

- Se pesó las probetas antes de someterlo al agua

- A las 12 horas y 24 horas se volvió a pesar las probetas (húmedas saturadas)
- Se usó la fórmula:

$$AA\% = \frac{Ph - Psh}{Psh} \times 100$$

Donde:

AA: absorción de agua en horas (%)

Ph: peso húmedo saturado en horas (%)

Psh: peso seco al horno en gramos

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

- Observación

Esta técnica fue para visualizar cada suceso que se da en etapa de ejecución de la investigación. Es importante para posteriormente describir las situaciones más resaltantes que refuercen el contenido del informe de tesis.

- Análisis documental

Esta técnica permitió la revisión documental relacionado a la problemática, la variable de estudio que se están siguiendo en la investigación. Así como de otros tipos de fuente que refuercen la discusión de los resultados.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

- Guía de observación

Esta guía permitió posteriormente clasificar las observaciones más resaltantes que se va dando en la investigación

- Ficha de registro de datos

Apunte de los valores cuantitativos que se dio durante la ejecución de la investigación

- Diario de campo

Apuntes de los tratamientos, fechas, ensayos, etc., es necesario este instrumento puesto que ordenó los procedimientos que se realizará

- Cámara fotográfica

Para captar imágenes más resaltantes de la investigación

3.5. Tratamiento de datos

Para aprobar o rechazar a la hipótesis nula se aplicó el análisis de varianza de un factor: métodos de protección, con sus niveles factoriales o tratamientos: brocha, inmersión y sin tratamiento. Cada tratamiento tuvo 40 repeticiones, haciendo un total de 120 unidades experimentales. A continuación, se detalla:

Primer factor: métodos de protección

Niveles factoriales: brochado, inmersión y sin protección

N° de tratamientos: 3 tratamientos

N° de repeticiones: 40 repeticiones

N° de unidades experimentales: 120 unidades experimentales

Unidad o elemento de estudio: probetas de madera de quinilla

Variables de estudio: Hinchamiento volumétrico y absorción de agua

Estadístico de prueba: Análisis de varianza (ANVA)

Hipótesis nula es bilateral: $H_0: m_1=m_2=m_3$ (no existe diferencias significativas entre los tratamientos)

Tabla 1.

Análisis de varianza de los métodos de protección de la madera de quinilla

Fuente de variación	GL	SC	CM	F _{obs}	P - valor
Métodos de protección	2	SCa	CMa	CMa/CMr	
Error o residuo	117	SCr	CMr		
Total	119				

En donde:

GL: grados de libertad

SC: suma de cuadrados

CM: cuadrados medios

Para su rápida aprobación o rechazo de las hipótesis se optó por usar el P – valor, en donde si el P valor < 0,05 se rechaza la hipótesis de una manera significativa (*) y si el P valor < 0,01 se rechaza la hipótesis de una manera altamente significativa (**). Si el análisis de varianza indica que existe diferencias significativas entre los tratamientos se optó por usar la prueba de Tukey; y si el P valor > 0,05 se acepta la hipótesis nula.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual.

Tabla 2.

Valores de hinchamiento volumétrico y absorción de agua de la madera de quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual con dos métodos de protección.

BROCHA				INMERSIÓN				TESTIGO			
HV24	HV48	AA24	AA48	HV24	HV48	AA24	AA48	HV24	HV48	AA24	AA48
6.05	7.27	5.47	5.69	12.66	13.83	2.52	5.46	3.61	3.85	8.21	8.45
4.35	6.01	3.78	3.93	18.01	19.29	3.89	6.81	9.79	10.25	8.32	8.28
7.53	7.86	1.54	1.71	13.58	13.75	5.72	6.57	5.85	6.88	6.54	7.14
4.83	6.21	4.78	4.95	13.41	14.45	1.06	4.08	9.20	9.67	7.54	8.27
6.81	7.99	5.16	5.68	16.96	17.18	7.02	10.95	7.04	7.39	6.62	7.11
9.20	9.20	3.59	3.90	6.48	11.08	3.28	7.09	30.05	30.89	7.60	7.84
13.83	14.97	2.62	3.22	13.15	13.60	2.58	3.76	4.53	5.20	6.65	9.11
4.99	6.28	0.29	0.73	13.60	15.15	3.02	3.86	10.96	13.19	8.65	8.82
18.16	19.56	3.25	3.69	6.47	6.77	4.48	7.26	9.94	11.29	6.98	7.79
5.43	6.74	0.67	2.40	5.28	5.44	1.23	5.54	18.92	19.65	6.19	6.44
5.31	6.42	1.67	3.45	11.94	12.80	3.03	3.93	10.56	13.50	6.01	6.49
9.46	11.29	1.41	3.66	9.10	9.15	3.76	7.18	6.16	6.92	6.36	8.57
8.39	8.76	1.84	2.43	6.36	10.94	4.94	7.99	12.01	15.10	4.08	5.04
6.95	7.84	1.94	4.42	14.56	15.88	4.52	7.62	24.35	26.14	5.34	6.26
8.03	8.65	0.24	1.92	17.15	18.79	4.34	7.35	8.59	8.82	5.65	6.30
11.15	11.80	10.08	11.84	14.63	16.94	3.18	4.27	18.95	19.81	4.93	5.87
15.35	15.68	2.60	2.94	15.22	15.98	0.34	1.45	16.92	18.60	6.68	7.18
7.78	8.03	4.20	6.33	7.36	7.79	0.36	3.89	24.44	27.26	6.65	8.62
7.18	9.60	6.52	7.42	11.15	11.41	3.18	3.86	20.17	21.03	6.47	7.91
7.53	8.68	2.24	4.91	7.41	7.52	2.00	4.95	16.67	16.93	7.43	8.81
15.69	15.94	2.91	2.43	11.47	13.02	1.78	5.29	10.75	11.32	9.69	12.28
9.24	9.82	4.28	4.48	4.65	4.78	4.20	5.58	17.72	18.15	6.94	7.99
10.97	11.50	3.10	5.16	6.06	6.92	0.23	2.57	15.46	15.99	7.57	9.15
8.73	9.20	0.86	4.89	6.20	7.04	1.32	3.84	15.85	16.70	9.90	10.38
10.14	11.22	2.79	6.72	5.57	6.75	0.63	2.33	12.83	13.19	7.32	8.51
8.03	8.99	2.82	4.21	6.72	7.92	2.14	5.83	17.04	17.86	4.04	4.04
7.83	7.84	1.33	3.93	6.34	7.05	0.98	3.18	13.98	15.02	8.03	8.03
14.59	16.25	2.84	5.15	10.95	11.88	0.95	3.34	18.04	18.59	6.97	6.97
10.74	11.03	2.96	4.68	4.86	5.38	1.30	3.37	8.30	9.34	3.76	3.76
10.86	11.13	3.21	7.27	6.60	8.35	0.73	3.28	14.51	15.79	9.34	9.51
17.30	19.18	7.66	10.65	6.01	6.69	2.28	6.98	12.25	14.01	8.22	12.61
10.23	11.05	3.19	2.43	7.05	7.91	1.16	6.90	15.78	17.21	10.29	13.85
8.55	9.03	1.38	5.43	6.10	6.44	0.42	5.49	3.57	3.96	10.28	11.03
5.97	6.96	3.43	4.44	5.15	6.22	0.52	5.94	2.67	3.44	10.36	10.60

9.15	9.20	5.59	6.84	7.87	8.21	1.16	4.94	7.31	8.43	10.21	11.40
7.29	8.65	6.40	8.48	7.31	7.58	5.63	7.07	7.25	12.97	10.75	11.92
5.60	6.44	6.58	8.74	17.56	19.19	3.12	1.18	5.04	9.07	10.48	11.19
6.30	7.23	6.05	7.59	5.17	7.05	5.47	7.21	9.15	10.07	9.15	9.38
9.37	9.95	3.92	2.91	6.74	7.29	2.73	5.07	6.51	7.05	12.44	13.24
5.37	6.82	1.94	4.90	4.75	4.96	5.05	7.92	12.13	16.44	10.87	11.35

Nota: AA "Absorción de agua"; HV "Hinchamiento Volumétrico".

4.2. Absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera Quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual bajo dos métodos de protección.

Tabla 3.

Resumen de la resistencia a la humedad de la madera quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual bajo dos formas de protección.

Tratamientos	Propiedades	N	Máx.	Mín.	S	$\bar{x}$
Brocha	Hinchamiento volumétrico (24H)	40	18.16	4.35	3.46	9.01
	Hinchamiento volumétrico (48H)	40	19.56	6.01	3.46	9.91
	Absorción de agua (24H)	40	10.08	0.24	2.14	3.43
	Absorción de agua (48H)	40	11.84	0.73	2.37	4.91
Inmersión	Hinchamiento volumétrico (24H)	40	18.01	4.65	4.21	9.44
	Hinchamiento volumétrico (48H)	40	19.29	4.78	4.39	10.46
	Absorción de agua (24H)	40	7.02	0.23	1.80	2.66
	Absorción de agua (48H)	40	10.95	1.18	2.04	5.28
Testigo	Hinchamiento volumétrico (24H)	40	30.05	2.67	6.29	12.37
	Hinchamiento volumétrico (48H)	40	30.89	3.44	6.39	13.67
	Absorción de agua (24H)	40	12.44	3.76	2.07	7.74
	Absorción de agua (48H)	40	13.85	3.76	2.39	8.69

Nota: N (número de repeticiones). S (desviación estándar). $\bar{x}$ (promedio).

En la tabla 3 de resumen se muestra que. en lo que es hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla en 24 horas y 48 horas en inmersión en agua. la madera sin protección presentó mayor hinchazón con 30.05% y 30.89% respectivamente. y en lo que es absorción en agua en 24 horas y 48 horas presentó igual comportamiento con 12.44% y 13.85% respectivamente. Con esta tendencia de datos demuestra que hay mayor probabilidad estadística que la madera sin protección (testigo) obtenga menor resistencia hacia la humedad. y que de alguna manera el

aceite de moto residual colabora en proteger a la madera frente al ingreso del agua. además. este residuo no impide. ya que igual se vio ascendencia de agua en la madera entre 24 horas y 48 horas expuestas en agua.

4.3. Hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual

Tabla 4.

Análisis de varianza del hinchamiento volumétrico en 24 horas y 48 horas de la madera quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual utilizando dos métodos de protección.

Fuente de variación	Hinchamiento volumétrico (24 H)			Hinchamiento volumétrico (48H)		
	GL	CM	Fobs.	GL	CM	Fobs
Entre tratamientos	2	134.003	5.8**	2	165.57	6.9**
Error	117	23.09		117	23.996	
Total	119			119		

Nota: GL (grado de libertad). CM (media cuadrática). ** (diferencia altamente significativa)

En la tabla 4 el análisis de varianza indica que existe diferencias altamente significativas en el hinchamiento volumétrico de la madera en 24 horas y 48 horas de inmersión en agua entre los tratamientos. Por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey (0.05).

Tabla 5.

Prueba de comparación múltiple de promedios – Tukey (0.05) sobre el hinchamiento volumétrico en 24 horas y 48 horas.

Tratamientos	N	Hinchamiento volumétrico (24H)		Hinchamiento volumétrico (48H)	
		Grupos homogéneos		Grupos homogéneos	
		A	B	A	B
Brocha	40	9		9.9	
Inmersión	40	9.44		10.46	
Testigo	40		12.37		13.67

En la tabla 5, la prueba de Tukey indica que no existe diferencias significativas en el hinchamiento volumétrico de la madera en 24 horas y 48 horas utilizando los métodos brocha e inmersión. sin embargo. estas

difieren significativamente del testigo. Se observa además que la madera sin protección tuvo mayor hinchamiento volumétrico.

La madera de quinilla protegida con aceite de moto residual aplicando los métodos de brocha e inmersión presentaron menor hinchamiento volumétrico. pero no impidió que el agua igual ingrese. esto se debe a que la película del recubrimiento en la madera se ve afectado por las variaciones dimensionales de la madera producto del ingreso del agua. haciendo que la película del recubrimiento se esfuerce a compensar. produciéndose la separación de la película del recubrimiento de la madera (Infomadera, sf). Sin embargo. el aceite de moto residual ayuda a cubrir los poros de la madera. razón por la cual obtuvo menor hinchamiento volumétrico (EcolInventos, 2021). Este aceite residual ayuda a repelar el agua. pero es conveniente hacer mantenimiento a la madera cada cierto tiempo para que conserve su función protectora (Bona, 2025). Esta práctica tiene la desventaja de dejar una capa pegajosa a la madera que atrae la suciedad y dificulta si es que se le quiere dar algún acabado final (Motorba, sf). Esto indica que este tratamiento de la madera con aceite de moto residual se utiliza para lugares no residenciales ya que brinda una mala apariencia y pérdida de color a la madera (Colorex, 2025).

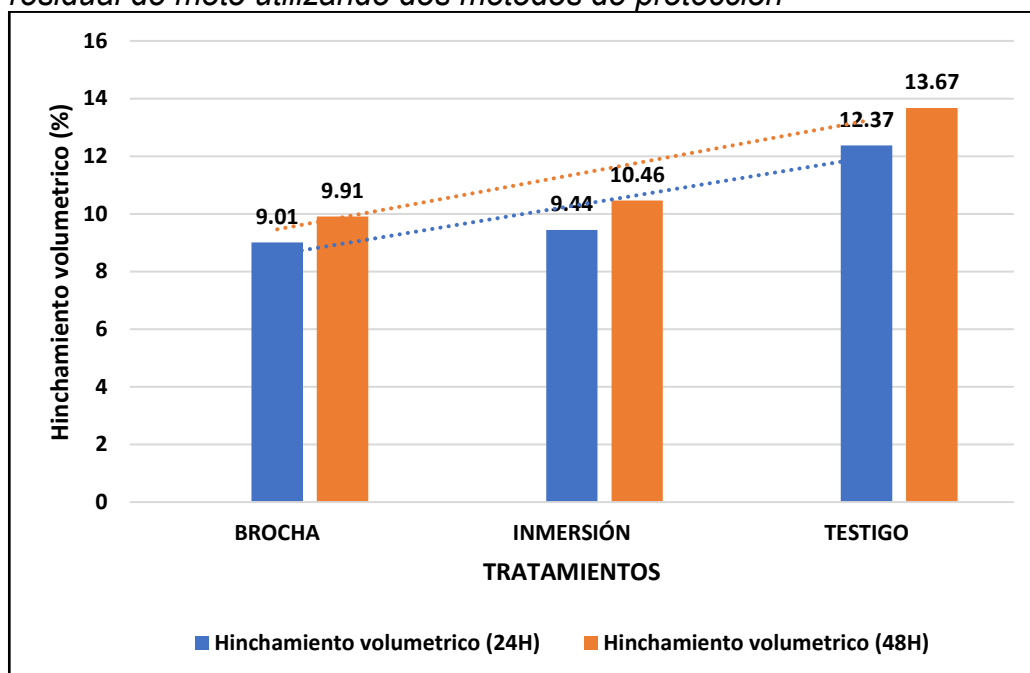
El mantenimiento es importante ya que la madera protegida con aceite residual al estar expuesta al agua. corre el riesgo de que el agua vaya quitando el aceite de la madera. el agua de las lluvias y los rayos del sol influyen al desgaste del recubrimiento y deterioro de la madera; se recomienda hacer mantenimiento 2 o 3 veces al año (Parquet balears, 2025). Además. la duración del aceite residual de moto (aceite quemado)

tiene una duración limitada. por lo que es necesario renovar la aplicación cada cierto tiempo (Motorba, sf).

Por otro lado. la madera sin protección debido a su exposición directa fue la que sufrió mayor hinchamiento volumétrico o variación dimensional. esto es por qué la madera es higroscópica. pues la madera tiene la capacidad de absorber y retener agua debido a los efectos físico de la capilaridad (Campos, 2015). Este fenómeno físico hace que el agua al ingresar por capilaridad empieza degradando la albura de las piezas de madera. incluso provocando la pudrición. además de disminuir las propiedades mecánicas de la madera (Cruz, 2010). Esto indica que una pieza de madera expuesta a la intemperie sin protección esta susceptible a ser deteriorada ya sea por factores bióticos o abióticos. Por lo que la impregnación con aceite residual mejora la durabilidad natural de la madera protegiéndola hasta en un 60% (Martínez et al.. 2016); así como también lo protegerá ante el ataque biológico (Zabel & Morell, 2020).

Figura 9.

Hinchamiento volumétrico de la madera quinilla protegida con aceite residual de moto utilizando dos métodos de protección



La figura 9 demuestra que conforme pasen las horas de inmersión en agua, la madera de quinilla tratada y sin tratar sube sus valores de hinchamiento volumétrico. Esto indica que el agua va lavando de a poco la película del recubrimiento del aceite en la madera. Como lo menciona (Campos, 2015) esto se debe a la capilaridad y la higroscopicidad que se da en la madera. Sin embargo, las maderas tratadas con aceite residual presentaron menor hinchamiento volumétrico. Esto se debe a que el aceite residual mejora la estabilidad dimensional, aumentando su resistencia de la madera al agua, así como también la degradación biológica (Belchinskaya et al., 2021).

Asimismo, se asume que aumentando el tiempo de inmersión en agua puede lavar rápidamente la película protectora. Esto debido a que permite saturar paredes celulares por su bajo contenido de humedad que

conlleva a la variación dimensional de la pieza de madera (Ranegl et al., 2017).

4.4. Absorción de agua de la madera de quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual

Tabla 6.

Análisis de varianza de la absorción de agua en 24 horas y 48 horas de la madera quinilla impermeabilizada con aceite de moto residual utilizando dos métodos de protección.

Fuente de variación	Absorción de agua (24 H)			Absorción de agua (48H)		
	GL	CM	Fobs.	GL	CM	Fobs
Entre tratamientos	2	299.929	74.44**	2	173.24	33.51**
Error	117	4.029		117	5.17	
Total	119			119		

Nota: GL (grado de libertad). CM (media cuadrática). ** (diferencia altamente significativa)

La tabla 6, el análisis de varianza indica que existe diferencias altamente significativas en la absorción de agua de la madera en 24 horas y 48 horas de inmersión en agua entre los tratamientos. Por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey (0.05).

Tabla 7.

Prueba de comparación múltiple de promedio – Tukey (0.05) sobre la absorción de agua en 24 horas y 48 horas

Tratamientos	N	Absorción de agua (24H)		Absorción de agua (48H)	
		Grupos homogéneos		Grupos homogéneos	
		A	B	A	B
Inmersión	40	2.66		5.28	
Brocha	40	3.43		4.91	
Testigo	40		7.74		8.69

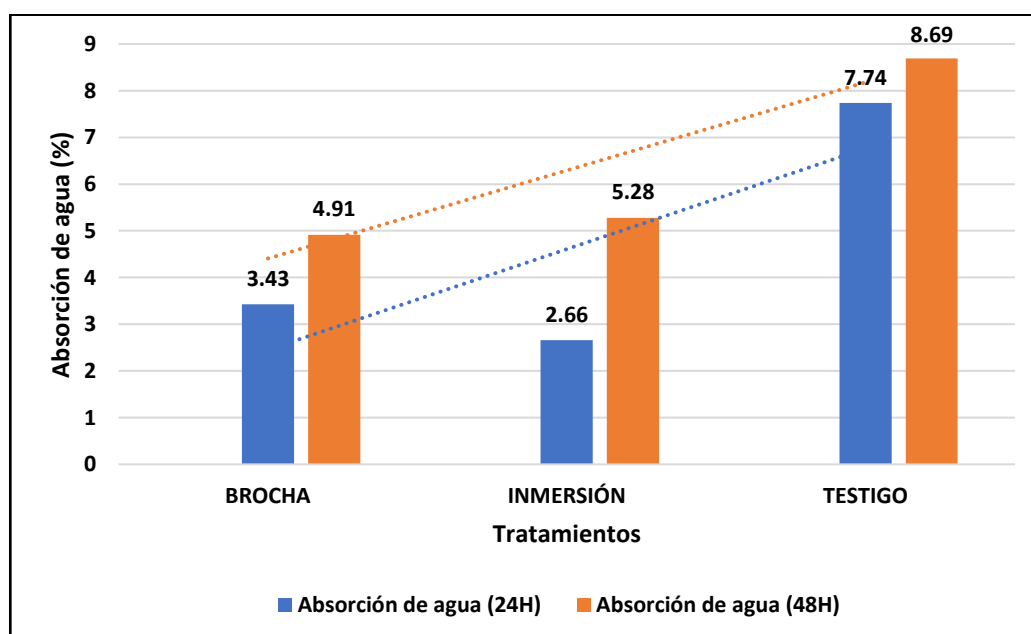
La tabla 7 muestra la prueba de Tukey, en donde indica que no existe diferencias significativas en la absorción de agua de la madera en 24 horas y 48 horas utilizando los métodos brocha e inmersión, sin embargo, estas difieren significativamente del testigo. Se observa además que la madera sin protección tuvo mayor absorción de agua.

Las maderas protegidas con aceite de moto residual tuvieron menor absorción de agua debido a que el aceite residual ayuda a evitar que la madera se hinche o se deteriore por la exposición del agua. esto se debe a su función de hidrorrepelencia, ya que el aceite penetra en la estructura celular. reduciendo la absorción de agua (Sánchez & Ríos, 2014). Asimismo, protege contra insectos y la abrasión (Motorba, sf).

la exposición a la luz solar y la degradación térmica influyen en la absorción de agua en la madera. estos factores afectan la adherencia de los recubrimientos y estructura de la madera. lo que conlleva a reemplazarlos más adelante (Mckinley, Sinha, & Kamke, 2019). La madera de quinilla es usada ampliamente para cercos en los asentamientos humanos en la ciudad de Pucallpa. por lo que se sugiere reforzar el recubrimiento para reducir o evitar pérdidas de adherencia con la madera.

Figura 10.

Absorción de agua de la madera quinilla protegida con aceite residual de moto utilizando dos métodos de protección



Sin embargo, el valor promedio de la madera de quinilla sin protección (testigo) presentó menor absorción de agua (7.74% y 8.69%) si lo comparamos con las maderas sin tratar expuestas al agua como la Capirona (23.40%) y Pashaco (49.04%). este comportamiento se debe a la estructura de la madera y composición química de las especies forestales maderables (Baño, Centrangolo, & O'Neill, 2014). Esto demuestra que la densidad básica de las especies influye en la absorción de agua. la quinilla al ser una madera pesada ofrece menores espacios porosos. pero no indica que no absorberá. la figura 10 demuestra esa tendencia. quizás valores menores a comparación de otras especies. lo que se sugiere aplicar al aceite residual de moto mezclado con algún otro material para reforzar su resistencia de la madera frente a la humedad.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La madera de quinilla colorada impermeabilizado con aceite residual de aceite de moto aplicando los métodos de brocha e inmersión tienen mejor resistencia a la humedad que el testigo. La madera protegida con aceite residual de moto obtuvo menores promedios de hinchamiento y absorción de agua.
- La madera de quinilla impermeabilizadas con residuo de aceite de moto mediante el método del brochado obtuvo un hinchamiento volumétrico en 24 horas y 48 horas de 9.01% y 9.91% respectivamente; asimismo en absorción de agua en 24 horas y 48 horas de 3.43% y 4.91% respectivamente.
- La madera de quinilla impermeabilizadas con residuo de aceite de moto mediante el método de inmersión obtuvo un hinchamiento volumétrico en 24 horas y 48 horas de 9.44% y 10.46% respectivamente; asimismo en absorción de agua en 24 horas y 48 horas de 2.66% y 5.28% respectivamente.
- La madera de quinilla sin protección con residuo de aceite de moto (testigo) obtuvo un hinchamiento volumétrico en 24 horas y 48 horas de 12.37% y 13.67% respectivamente; asimismo en absorción de agua en 24 horas y 48 horas de 7.74% y 8.69% respectivamente.
- Estadísticamente existe diferencias altamente significativas en la resistencia a la humedad entre la madera de quinilla con tratamiento y sin tratamiento; la madera sin protección obtuvo mayor hinchamiento volumétrico y absorción de agua. Asimismo, se demostró que

utilizando el método de brocha o inmersión brindara mejor resistencia frente a la humedad.

5.2. Recomendaciones

- Investigar algún complemento en el residuo de aceite de moto para reducir el lixiviado. de esa manera prolongamos la protección de la madera.
- Está demostrado mediante el estudio que el aceite de moto residual protege a la madera de la humedad. sin embargo. es necesario hacer mantenimiento cada cierto tiempo. esto permite la eficacia de este material.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre y Baeza. (sf). *Patologías propias de la madera*. Obtenido de <https://www.aguirrebaeza.com/blog/patologias-propias-de-la-madera/>
- Baño. V.. Centrangolo. G.. & O'Neill. H. (2014). *Diagrama tensión-Deformación de la madera libre de defectos de Pinus elliottii de procedencia uruguaya*.
- Bardahl. (2017). *Cambia el aceite de tu motocicleta*. Obtenido de <https://www.bardahl.com.mx/cambio-aceite-motocicleta/>
- Belchinskaya. L.. Ishchenko. T.. & Platonov. A. (2021). Impregnación de madera con aceite de motor usado para aumentar la resistencia al agua y a la biorresistencia. *Revista bosques*. vol. 12(núm. 12). doi:<http://dx.doi.org/10.3390/f12121762>
- Bona. (2025). *Limpieza y mantenimiento de suelos de madera aceitada*. Obtenido de <https://www.bona.com/es/propietario/como/limpieza-y-mantenimiento-de-suelos-de-madera-aceitada/>
- Bricolaje. (2019). *Tratamiento de maderas de exterior*. Obtenido de <https://www.bricopared.com/2019/08/07/tratamiento-de-maderas-de-exterior/>
- Brito. J.. Pineda. R.. & López. M. (2017). Caracterización fisicoquímica de aceites lubricantes usados. *Revista Ingeniería y Desarrollo*. vol. 35(núm. 2). pág. 85 - 94.
- Calone. M. (2013). *Preservación de la madera*. Tesina de construcción en madera.

Campos. C. (2015). *Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera de Pinus maximinoi.*

Carvalho. P., Rodrigues. V., Avancini. D., Rodolfo. R., D e Nadai. J., & Calegari. L. (2015). Eficiencia del aceite de motor usado como conservante de maderas amazónicas expuestas a termitas xilófagas. *Ciencia de la madera*. vol. 6(núm. 3). pág. 176 - 182. doi:10.12953/2177-6830/rcm.v6n3p176-182

Colorex. (2025). *Pros y contras del procesamiento de madera de aceite usado.* Obtenido de <https://colorex.decorexpro.com/es/specmaterialy/zashhita-drevesiny/obrabotka-otrabotannym-maslom.html>

Cruz. J. (2010). *Manual para la protección contra el deterioro de la madera.* Obtenido de <https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Proteccion-Madera.pdf>

EcolInventos. (2021). *Remedios caseros ¿qué hacer con el aceite de cocina usado?* Obtenido de <https://ecoinventos.com/que-hacer-aceite-cocina-usado/>

Elige madera. (2021). *¿Cómo afecta la humedad a las propiedades mecánicas de la madera?*

EPA. (2018). *Used Oil Management Program. United States Environmental Protection Agency.*

García. J. (2023). *Motociclismo.* Obtenido de *Qué es el aceite para moto y cómo elegir cuál comprar:* <https://www.motociclismo.es/consejos/mantenimiento/es-aceite-moto-como-elegir-cual-comprar->

ecn_270028_102.html#:~:text=El%20aceite%20de%20motor%20de
 .una%20protecci%C3%B3n%20y%20lubricaci%C3%B3n%20adicio
 nales.

Hernández. R.. Fernández. C.. & Baptista. P. (2014). *Metodología de la Investigación - 6ta edición*. (M. Rocha Martínez. Ed.) México.

Hurtado. S. (2022). *Estado situacional del manejo de aceite lubricante usado en los talleres de mecánica automotriz de la ciudad de Chota - 2020*. tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de Chota. Chota.

Imperpiramide.es. (2024). *Cómo impermeabilizar con aceite quemado: guía práctica*. Obtenido de ¿qué es aceite quemado?:
<https://imperpiramide.es/como-impermeabilizar-con-aceite-quemado-guia-practica/>

Infomadera. (sf). *Agentes destructores de la madera*. Obtenido de
https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_3239_11585.pdf

Jurado. A. (2017). *Contaminación y manejo de aceites lubricantes usados*. Obtenido de <https://hoy.lasalle.mx/contaminacion-y-manejo-de-aceites-lubricantes-usados/>

Madepal S.A.S. (2008). *Conservación y Protección de Carretes*. Obtenido de <https://madepal.com/productos/carretes-de-madera-bobinas/>

Maderame. (2024). *Madera resistente al agua: tipos, especies y tratamientos*. Obtenido de <https://maderame.com/maderas-resistentes-agua/>

Mansilla. R. (2023). *Análisis del Comportamiento de las Propiedades físico-mecánicas de la madera Eucaliptus glóbulos, tratada con parafina*.

cera de abeja y aceite de cocina usado (ACU) para uso estructural - Písac. Tesis para optar al título profesional de ingeniero civil. Universidad Andina del Cusco. Cusco.

Martínez. L.. Gómez. P.. & Herrera. F. (2016). Efecto del aceite usado de motor en la durabilidad de la madera de pino. *Revista Forestal Mesoamericana*. vol. 9(núm. 18). pág. 45 - 52.

Martínez. U. (2017). *Preservación de la madera a través de la historia*. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia.

Mckinley. P.. Sinha. A.. & Kamke. F. (2019). Compresión del efecto de la meteorización en las uniones adhesivas de compuestos de madera mediante correlación de imágenes digitales(DIC). *Holzforschung:Revista Internacional de Biología. Química. Física y Tecnología de la Madera*. Vol. 73(Núm. 2). doi:10.1515/hf-2018-0024

Mercacei. (2018). *Aceite de oliva y hongos para proteger la madera*.
Obtenido de
<https://www.mercacei.com/noticia/49756/actualidad/aceite-de-oliva-y-hongos-para-proteger-la-madera.html>

Motorba. (sf). *Aceite quemado para madera y consejos de uso*. Obtenido de Beneficios del aceite quemado para madera:
<https://motorba.com.ar/aceite-quemado-de-motor-para-madera/>

Nogales. R. (2023). *Como curar madera con aceite quemado*. Obtenido de
<https://www.thesocalhealthconference.com/group/socalwomenconference-group/discussion/b292cb0e-1144-4550-8d8c-f13b8e587a0c>

- Oliveira. J.. Silva. A.. & Picango. A. (2005). Effect of used lubricating oil on wood preservation. *Ciencia florestal*. vol. 12(núm. 2). pág. 199 - 206.
- Oluyinka. S.. Olufemi. B.. & Olajide. A. (2010). Absorción y efecto del aceite de motor usado como conservante de la madera. *Revista ProLigno*. vol. 6(núm. 3). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/302468410_ABSORPTION_AND_EFFECT_OF_USED_ENGINE_OIL_AS_WOOD_PRESERVATIVE
- Parquet balears. (2025). *Mantenimiento y limpieza de un suelo de madera aceitado*. Obtenido de <https://parquetbalears.com/mantenimiento-y-limpieza-de-un-suelo-de-madera-aceitado/>
- Pergolas de madera. (2024). *Madera resistente al agua*. Obtenido de <https://pergolasenmadera.com.co/descubre-cual-madera-es-la-mejor-opcion-para-una-zona-expuesta-al-agua-y-sol/>
- Portones Chile. (2024). *Portones Parcelas*. Obtenido de Los efectos del aceite quemado en la madera: ¿beneficios o riesgos?: <https://portonesparcelas.cl/que-pasa-si-le-pongo-aceite-quemado-a-la-madera/>
- Ramos. L. (2024). *Comportamiento de la madera*. Obtenido de Factores que afectan el comportamiento de la madera: <https://es.scribd.com/document/394655914/189615401-Factores-Que-Afectan-El-Comportamiento-de-La-Madera>
- Ranegl. L.. Moreno. P.. Trejo. S.. & Valero. S. (2017). Propiedades de tableros aglomerados de particulas fabricados con madera de

Eucalyptus urophylla. *Maderas. Ciencia y tecnología*. Vol. 19(Núm.3).
pág. 373 - 386.

Rodriguez. A. (2022). *Dónde y cómo botar el aceite usado de tu auto*.
Obtenido de <https://siempreauto.com/donde-y-como-botar-el-aceite-usado-de-tu-auto/>

Sabaté. J. (2017). *Siete ideas para reciclar el aceite usado de tu cocina*.
Obtenido de consume claro:
https://www.eldiario.es/consumoclaro/ideas-reciclar-aceite-usado-cocina_1_3064204.html

Sanchez. M. (sf). *Madera y agua. amigos o enemigos*. Obtenido de El
contenido de humedad: <https://maderayconstruccion.com/madera-y-agua-amigos-o-enemigos/#:~:text=La%20madera%20se%20degrada%2C%20s%C3%AD.como%20los%20hongos%20de%20pudrici%C3%B3n.>

Sánchez. M.. & Ríos. D. (2014). Tratamiento preservante de maderas con
aceite usado de motor. *Revista tecnológica*. vol. 12(núm. 1). pág. 23
- 30.

Simon. (2024). *Te contamos cómo hacer tu propio tratamiento madera exterior casero*. Obtenido de Utilidad de un tratamiento madera exterior casero: <https://bricoladores.simonelectric.com/te-contamos-como-hacer-tu-propio-tratamiento-madera-exterior-casero>

Skaar. C. (1988). *Wood - water relations*. Springer - verlang.

Valdivia. J. (2021). *Desarrollo y evaluación del tratamiento térmico para las maderas comerciales peruanas de alta y baja densidad "Capirona" y*

"Pashaco". Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
Arequipa.

Vásquez. A. (2021). *Evaluación del comportamiento estructural de la madera tornillo dependiendo del contenido de humedad - Chiclayo*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad César Vallejo. Callao - Perú.

We School. (2024). *¿qué pasa si le pongo aceite quemado a la madera?* Obtenido de El impacto del aceite quemado en la madera: <https://we-school.es/que-pasa-si-le-pongo-aceite-quemado-a-la-madera/>

WordPress.com. (sf). *Agentes de degradación de la madera*. Obtenido de <https://jaltimira.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/01/degradaciocc81n-de-la-madera-patologias.pdf>

Zabel. R.. & Morell. J. (2020). *Wood microbiology: Decay and its prevention*. Academic Press.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
GENERAL ¿La madera de quinilla (<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev) protegida por dos métodos utilizando como impermeabilizante al residuo de aceite de moto brindará mayor resistencia a la humedad? ESPECIFICOS ¿cuáles serán los valores de resistencia a la humedad como la absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev) impermeabilizándolo con residuo de aceite de moto mediante el método del brochado? ¿cuáles serán los valores de resistencia a la humedad como absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev) impermeabilizándolo con residuo de aceite de moto mediante el método de inmersión? ¿cuáles serán los valores de absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev) sin impermeabilizarlo con residuo de aceite de moto? ¿habrá diferencia en la resistencia a la humedad de la madera de quinilla (<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev) protegida con residuo de aceite de moto y la madera no protegida (testigo)?	GENERAL Determinar si la madera de quinilla (<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev) protegida por dos métodos utilizando como impermeabilizante al residuo de aceite de moto brinda mayor resistencia a la humedad ESPECÍFICOS Obtener los valores de absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev) impermeabilizándolo con residuo de aceite de moto por el método del brochado Obtener los valores de absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev) impermeabilizándolo con residuo de aceite de moto por el método de inmersión Obtener los valores de absorción de agua e hinchamiento volumétrico de la madera de quinilla (<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev) sin protección. Determinar si la madera de quinilla (<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev) protegida con residuo de aceite de moto difiere en la resistencia a la humedad con la madera sin protección (testigo).	Ho: existe diferencias altamente significativas en la resistencia a la humedad de la madera de quinilla aplicando dos métodos de protección utilizando como impermeabilizante al residuo de aceite de moto.	Variable independiente (X) métodos de protección	X₁= Inmersión	24 horas de inmersión en el aceite
				X₂= Brochado	3 pasadas por canto/cara y cabeza de la madera
				X₃= testigo	Madera al estado natural
			Variable dependiente (Y) Resistencia a la humedad	Y₁= Absorción de agua Y₂= Hinchamiento volumétrico	%

ANEXO 2: Formato de apuntes

Antes de aplicar los tratamientos					
Tratamientos	N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)
Brocha	01				
	..				
	..				
	40				
Inmersión	41				
	..				
	..				
	80				
Sin protección	81				
	..				
	..				
	120				

Después de aplicar los tratamientos					
Tratamientos	N°	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)
Brocha	01				
	..				
	..				
	40				
Inmersión	41				
	..				
	..				
	80				
Sin protección	81				
	..				
	..				
	120				

ANEXO 03: Tratamientos

Figura 11.
Método del brochado



Figura 12.
Método de inmersión



ANEXO 04: Panel fotográfico

Figura 13.
Compra de madera quinilla



Figura 14.
Recolección de aceite residual de moto



Figura 15.
Elaboración de probetas



Figura 16.
Medición de probetas



Figura 17.
Brochado de la madera con aceite residual



Figura 18.
Inmersión de la madera con aceite residual de moto



Figura 19.

Medición de probetas protegidas con aceite residual de moto



Figura 20.

Peso de la madera con aceite residual de moto

