



PRISMA ODS
REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE
ISSN: 3072-8452

MADERA TRATADA COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MESAS FLOTANTES EN PUEBLA

*TREATED WOOD AS A SUSTAINABLE
ALTERNATIVE FOR THE CONSTRUCTION
OF FLOATING TABLES IN PUEBLA*

AUTORES

**PAMELA MICHEL
GONZÁLEZ CORTÉS**
UNIVERSIDAD
INTERAMERICANA
MÉXICO

**JULIAN CESAREO
VARELA TOXTLE**
AUTOR
INDEPENDIENTE
MÉXICO

**DIEGO GAEL
ROSE AÑAS**
UNIVERSIDAD
INTERAMERICANA
MÉXICO

**GIOVANNI
CHÁVEZ PATIÑO**
UNIVERSIDAD
INTERAMERICANA
MÉXICO

**DIEGO HERNAN
CUATEGOMEZ**
INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR PROGRESO
MÉXICO

Madera Tratada como Alternativa Sustentable para la Construcción de Mesas Flotantes en Puebla

Treated Wood as a Sustainable Alternative for the Construction of Floating
Tables in Puebla

Pamela Michel González Cortés

pamegnzalezc2@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-4863-789X>

Universidad Interamericana

Puebla – México

Julian Cesareo Varela Toxtle

jvarelatoxtle@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-1890-1060>

Puebla – México

Diego Gael Rose Añas

diegorosee23@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-3059-942X>

Universidad Interamericana

Puebla – México

Giovanni Chávez Patiño

giovannichzp@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-2300-030X>

Universidad Interamericana

Puebla – México

Diego Hernan Cuate Gomez

dhcg.inv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1741-0009>

Instituto Tecnológico Superior Progreso

Yucatán – México

Artículo recibido: 07/02/2026

Aceptado para publicación: 22/03/2026

Conflictos de Intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

El proyecto desarrollado en Puebla surge del interés por crear infraestructura recreativa sostenible mediante alternativas constructivas que integren funcionalidad, responsabilidad ambiental y uso eficiente de recursos locales. En este contexto, la Universidad Interamericana impulsa la fabricación de mesas flotantes elaboradas con madera reciclada y tratadas con métodos ecológicos inspirados en prácticas tradicionales, entre ellos el Shou Sugi Ban, técnica japonesa que consiste en quemar superficialmente la madera y aplicar mezclas oleosas para su preservación. Su propósito es evaluar la resistencia, el desempeño funcional y el potencial estético del mobiliario en entornos turísticos, además de demostrar la importancia de la economía circular y la reducción de residuos en el sector recreativo. La madera utilizada proviene de desechos industriales y residuales, sometida a procesos de clasificación, corte, lijado y nivelación para asegurar su estabilidad. Los tratamientos aplicados quemado controlado, sellado e impregnación con aceite quemado y diésel mostraron ser procedimientos económicos y de bajo impacto que mejoran notablemente la protección del material frente a la humedad, el deterioro biológico, la abrasión y la radiación solar. Los análisis confirmaron que la combinación de calor y aceites genera una capa resistente y duradera, adecuada para superficies expuestas al contacto constante con ambientes acuáticos. La madera en desuso puede convertirse en un recurso con propiedades mecánicas comparables a materiales convencionales, haciéndola viable para mobiliario flotante en espacios turísticos. El proyecto también ofrece un modelo replicable para comunidades y organizaciones interesadas en prácticas sostenibles, demostrando que la integración de saberes tradicionales y técnicas contemporáneas puede impulsar soluciones ecológicas, económicas y aplicables en distintas regiones del país.

Palabras clave: técnica shou sugi ban, madera, sustentable, mesa flotante

ABSTRACT

The project developed in Puebla arises from the interest in creating sustainable recreational infrastructure through construction alternatives that integrate functionality, environmental responsibility, and efficient use of local resources. In this context, the Universidad Interamericana promotes the manufacturing of floating tables made from recycled wood and treated with ecological methods inspired by traditional practices, including Shou Sugi Ban, a Japanese technique that consists of superficially burning the wood and applying oily mixtures for its preservation. Its purpose is to evaluate the resistance, functional performance, and aesthetic potential of the furniture in tourist environments, in addition to demonstrating the importance of the circular economy and waste reduction in the recreational sector. The wood used comes from industrial and residual waste, subjected to classification, cutting, sanding, and leveling processes to ensure its stability. The applied treatments—controlled burning, sealing, and impregnation with burnt oil and diesel—proved to be economical and low-impact procedures that notably improve the material's protection against moisture, biological deterioration, abrasion, and solar radiation. The analyses confirmed that the combination of heat and oils generates a resistant and durable layer, suitable for surfaces exposed to constant contact with aquatic environments. Disused wood can be transformed into a resource with mechanical properties comparable to conventional materials, making it viable for floating furniture in tourist spaces. The project also offers a replicable model for communities and organizations interested in sustainable practices, demonstrating that the integration of traditional knowledge and contemporary techniques can drive ecological, economical solutions applicable in different regions of the country.

Keywords: shou sugi ban technique, wood, sustainable, floating table

INTRODUCCIÓN

El uso responsable de los recursos naturales y su adecuada preservación se ha consolidado como un eje fundamental dentro de las estrategias contemporáneas de desarrollo sostenible (United Nations Environment Programme, 2021). Durante las últimas décadas, las prácticas industriales orientadas a la producción masiva han incrementado la presión sobre los ecosistemas forestales y acentuado la generación de residuos sólidos, entre los cuales la madera desechada ocupa un lugar destacado. En México, una parte considerable de los desechos industriales y domésticos proviene de mobiliario obsoleto, embalajes, estructuras de construcción y sobrantes de manufactura (SEMARNAT, 2022). Aunque gran parte de este material conserva propiedades físicas que permitirían su reincorporación productiva, la falta de políticas efectivas de recuperación, junto con una limitada cultura de aprovechamiento, ocasiona que su valor potencial sea desperdiciado de manera constante.

En el estado de Puebla, donde convergen una amplia actividad turística y una creciente demanda de infraestructura recreativa con menor impacto ambiental, se abre una oportunidad significativa para impulsar propuestas constructivas que integren materiales recuperados (Gobierno de Puebla, 2023). La creación de mobiliario flotante para cuerpos de agua naturales y artificiales forma parte de esta tendencia, ya que combina estética, funcionalidad y la necesidad de avanzar hacia prácticas más responsables. No obstante, gran parte de las mesas flotantes disponibles comercialmente se elaboran con polímeros reforzados, aleaciones metálicas y compuestos industriales cuyo procesamiento implica un gasto energético elevado, además de generar residuos difíciles de gestionar a largo plazo (World Tourism Organization, 2020). Esta dinámica evidencia una contradicción entre el propósito recreativo de los espacios turísticos y los costos ambientales derivados de los materiales empleados para equiparlos.

Ante esta problemática, surge la iniciativa de demostrar que la madera reciclada —tratada mediante procedimientos ecológicos, accesibles y de bajo costo— puede alcanzar niveles de desempeño equiparables a los de materiales de origen industrial. El proyecto busca poner en relieve la capacidad transformadora de la intervención técnica cuando se combinan saberes tradicionales y principios contemporáneos de sustentabilidad. La incorporación de métodos como el Shou Sugi Ban, caracterizado por la carbonización superficial de la madera, junto con la aplicación de impregnantes artesanales formulados a partir de mezclas oleosas, permite reforzar sus propiedades físicas, prolongar su vida útil y dotarla de una apariencia distintiva

(Morozova & Fediuk, 2021). Al integrar prácticas heredadas con técnicas adaptadas a necesidades actuales, se crea un puente entre el conocimiento ancestral y las exigencias funcionales de las infraestructuras recreativas modernas.

La investigación expone de manera detallada los fundamentos conceptuales que sustentan el uso de madera recuperada en aplicaciones flotantes, así como los criterios utilizados para seleccionar, preparar y mejorar el material. Se describen las fases metodológicas empleadas durante el proceso de fabricación y se analizan los resultados obtenidos a partir de pruebas de resistencia, durabilidad y estabilidad ejecutadas en condiciones controladas y al aire libre. Además, se examinan las implicaciones ecológicas y técnicas de adoptar estas prácticas dentro del sector turístico, especialmente en regiones que buscan reducir su dependencia de insumos industriales y avanzar hacia modelos de producción más eficientes (OECD, 2018).

Esta propuesta pretende ampliar la discusión sobre el manejo inteligente de recursos maderables mediante la recuperación y valorización de residuos, subrayando el papel que estos pueden desempeñar en la construcción de alternativas viables, seguras y visualmente atractivas. Al incorporar materiales que suelen descartarse sin una evaluación previa, se fortalece la transición hacia esquemas de economía circular que prolongan la vida útil de los recursos y disminuyen la carga ambiental asociada a la extracción de materia prima virgen (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Con ello, se abre un espacio para replantear la relación entre tecnología, diseño, sostenibilidad y responsabilidad social en el desarrollo de infraestructura turística.

La pertinencia de explorar alternativas sustentables se vuelve aún más evidente al considerar el ritmo acelerado con el que crece la oferta turística en distintas regiones de Puebla. La expansión de actividades recreativas basadas en lagos artificiales, senderos acuáticos y parques ecoturísticos requiere soluciones que no comprometan la integridad ambiental de los territorios que buscan promover (SECTUR, 2022). La madera reciclada tratada con métodos apropiados no solo responde a esta necesidad, sino que demuestra que la innovación puede surgir a partir de recursos que históricamente han sido descartados sin un análisis profundo de su potencial.

Asimismo, la incorporación de técnicas de preservación accesibles abre una puerta importante para el desarrollo comunitario, ya que posibilita la participación de talleres locales, artesanos y pequeños productores. Al emplear procedimientos que no requieren maquinaria especializada ni inversiones elevadas, el proyecto promueve una democratización

del conocimiento técnico y contribuye a dinamizar economías regionales (FAO, 2020). Con ello, las comunidades pueden desempeñar un papel activo en la construcción de infraestructura turística sostenible.

Además, el enfoque adoptado invita a reconsiderar los criterios mediante los cuales se evalúa la calidad y la durabilidad de los materiales destinados a usos recreativos. La madera sometida a quemado superficial controlado y tratamientos oleosos evidencia que sus propiedades mecánicas pueden optimizarse significativamente sin recurrir a procesos contaminantes o costosos (Forest Products Laboratory, 2010).

El avance de este tipo de iniciativas contribuye también a replantear el papel de las instituciones educativas en la generación de soluciones orientadas al bien común. La colaboración entre academia y sociedad refuerza la transferencia tecnológica hacia sectores productivos que requieren alternativas más responsables (UNESCO, 2020).

Por otro lado, la propuesta invita a reflexionar sobre la manera en que se construyen los criterios estéticos dentro del diseño de mobiliario turístico. El uso de técnicas como el Shou Sugi Ban resalta la textura natural de la madera recuperada y aporta un carácter visual distintivo, alineado con tendencias contemporáneas de diseño sostenible (Jones & Rivington, 2019).

La incorporación práctica de procesos de selección y diagnóstico de la madera recuperada constituye un componente metodológico clave para garantizar resultados reproducibles y seguros. La caracterización inicial debe incluir ensayos visuales y dimensionales, determinación de contenido de humedad, identificación de tratamientos previos y pruebas puntuales de resistencia mecánica; esto permite establecer criterios de clasificación que orienten las aplicaciones estructurales y no estructurales del material (Forest Products Laboratory, 2010). La presencia de contaminantes, adhesivos o tratamientos químicos anteriores requiere procedimientos de descontaminación específicos, así como una evaluación de riesgos para evitar la liberación de compuestos nocivos durante las etapas de mecanizado y tratamiento.

Desde una perspectiva técnica, la combinación de quemado superficial controlado y la impregnación con mezclas oleosas demanda protocolos estandarizados que controlen variables como la intensidad térmica, el tiempo de exposición, la granulometría superficial tras el lijado y la concentración de los impregnantes. La estandarización de estos parámetros facilita la comparación entre lotes de material y la evaluación experimental de la durabilidad

en función de variables climáticas locales (Morozova & Fediuk, 2021). Asimismo, la documentación sistemática de los procesos permite generar líneas base para futuras certificaciones o normativas técnicas orientadas a la reutilización de madera en aplicaciones recreativas y acuáticas (OECD, 2018).

En términos de evaluación del desempeño, las pruebas de campo y laboratorio deben articularse complementariamente. Ensayos acelerados de envejecimiento, exposición UV, ciclos de inmersión/seco y ensayos de ataque biológico constituyen herramientas útiles para estimar la vida útil esperada bajo condiciones reales de uso (Forest Products Laboratory, 2010). Estos resultados, combinados con observaciones empíricas en instalaciones piloto — como plataformas flotantes o mesas en cuerpos de agua controlados—, proporcionan evidencia robusta sobre la viabilidad técnica y permiten cuantificar mantenimientos requeridos, costos asociados y frecuencia de intervención preventiva.

Las implicaciones socioeconómicas derivadas de la adopción de estas prácticas merecen atención particular. La valorización de residuos maderables puede generar economías locales, disminuir costos de equipamiento turístico y crear cadenas productivas más resilientes; no obstante, su implementación exige marcos regulatorios que protejan la salud pública y el medio ambiente, así como incentivos que faciliten la adopción por parte de municipios y pequeñas empresas (Ellen MacArthur Foundation, 2019; FAO, 2020). Políticas públicas orientadas a promover la reutilización y la certificación de procesos pueden acelerar la transición hacia modelos circulares en el sector turístico regional.

Entre las limitaciones observadas se encuentra la variabilidad intrínseca de la madera recuperada, lo que impone retos en la homogeneidad del producto final y en la predictibilidad de su comportamiento mecánico. Esta heterogeneidad puede ser mitigada mediante procesos de mezcla, selección por calidad y la implementación de controles de calidad estrictos durante la producción (Forest Products Laboratory, 2010). Además, es necesario considerar el balance ambiental completo de los tratamientos empleados, evaluando el impacto de los impregnantes y combinaciones térmicas a través de análisis de ciclo de vida para garantizar que las soluciones propuestas realmente reduzcan la huella ecológica frente a alternativas convencionales (United Nations Environment Programme, 2021).

Las líneas de investigación futuras deberían orientarse a la optimización de formulaciones de impregnantes menos contaminantes y más eficientes, el desarrollo de guías técnicas para el tratamiento térmico a pequeña escala, y estudios socioambientales que midan la aceptación

de usuarios y comunidades receptoras. La generación de evidencia técnica y la creación de redes de colaboración entre universidades, autoridades locales y el sector privado resultarán decisivas para consolidar estas prácticas como alternativas viables y escalables dentro de la oferta turística sustentable (UNESCO, 2020; OECD, 2018).

METODOLOGÍA

La madera PBO (partirle Board O) recuperada provino de piezas previamente desechadas y rescatadas de mobiliario y estructuras en desuso. Antes de incorporarla al proyecto, se sometió a una evaluación de resistencia, humedad y estabilidad para determinar su viabilidad. El material fue limpiado, lijado y posteriormente tratado mediante quemado superficial controlado. Esta madera fungió como la base estructural de la mesa flotante, demostrando que los residuos maderables pueden reincorporarse funcionalmente a proyectos turísticos cuando reciben el acondicionamiento adecuado. Los tornillos de $\frac{3}{4}$ de pulgada se emplearon para unir las piezas principales de la estructura, permitiendo fijaciones firmes sin comprometer la integridad de la madera recuperada, la cual presentaba variaciones en densidad y espesor debido a su uso previo. Su instalación se realizó de manera manual para controlar el torque y evitar daños en las zonas más frágiles del material. La cadena galvanizada se utilizó para asegurar la mesa flotante dentro del cuerpo de agua durante las pruebas funcionales. Su resistencia permitió mantener la estructura anclada y estable, evitando desplazamientos causados por corrientes o viento. El calibre seleccionado fue suficiente para garantizar soporte sin añadir peso excesivo a la plataforma. El soplete de gas butano se empleó durante la etapa de tratamiento térmico de la madera. Con él se aplicó el método Shou Sugi Ban, carbonizando la superficie de forma controlada para incrementar la resistencia a la humedad, a insectos xilófagos y al deterioro natural. El control de la boquilla permitió obtener un acabado uniforme sin comprometer la estructura interna de los tablones. Una vez concluidos los tratamientos térmicos y oleosos, se aplicó un sellador nitrocelulósico con el propósito de cerrar poros, regular la absorción de humedad y estabilizar el acabado final. Este producto aportó una capa protectora que prolongó la vida útil de la madera y fortaleció su desempeño frente a la exposición ambiental. La lija de grano 150 se utilizó en las etapas finales del proceso de lijado para suavizar la superficie después del quemado y antes de la aplicación del sellador. Su uso permitió obtener una textura uniforme y segura al tacto, favoreciendo una aplicación homogénea de los productos protectores. Previo al tratamiento térmico, la lija de grano 60 se empleó para remover capas deterioradas, irregularidades marcadas y restos de acabados previos presentes en la madera recuperada.

Gracias a este desbaste inicial, se logró exponer una superficie limpia y estable sobre la cual fue posible aplicar correctamente los procesos de carbonización y tratamiento oleoso. El desarmador de cruz se utilizó para realizar el montaje de los tornillos y asegurar las uniones estructurales. Su manipulación manual permitió realizar ajustes precisos sin fracturar la madera ni deformar las cabezas de los tornillos, garantizando un ensamble seguro. El aceite quemado se aplicó después del proceso de carbonización como impregnate protector. Su función fue reforzar la resistencia de la madera frente a la humedad y los hongos, además de aumentar la durabilidad final del material. La viscosidad del aceite permitió una penetración profunda en las fibras previamente expuestas por el calor. El diésel se mezcló con el aceite quemado para rebajar su densidad y facilitar la absorción dentro de la madera. Esta combinación tradicional permitió cubrir completamente la superficie carbonizada y aceleró el proceso de secado, asegurando una protección uniforme. La lata metálica se utilizó como contenedor para la mezcla de aceite quemado y diésel. Su resistencia al calor y su facilidad de manejo permitieron calentar ligeramente la mezcla cuando fue necesario, mejorando así su fluidez durante la aplicación. La brocha permitió aplicar tanto el impregnate oleoso como el sellador final de manera uniforme sobre toda la estructura. Su tamaño facilitó cubrir rápidamente superficies amplias, garantizando una distribución homogénea de los productos protectores y reduciendo tiempos de ejecución. Como se puede observar a continuación en la tabla 1

Tabla 1. Lista de materiales utilizados para la elaboración de la mesa

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Madera	PBO recuperada
Tornillos	15 tornillos para madera $\frac{3}{4}$ de pulgada
Cadena T. Victor	3.4 Mm X 5 Mt fiero 44193 fiero cade 35
Soplete boquilla	Para tanque de gas butano presimex 901 lusa
Sellador	Sayer directo nitrocelulosa de 1L
Lija para madera	Marca fandeli grosor de grano 150
Lija para madera	Marca fandeli grosor de grano 60
Desarmador de cruz	Marca trupper 6 pulgadas
Aceite quemado	2L
Diesel	2L
Lata	Lata de 113 gramos
Brocha	6 pulgadas

Fuente: Elaboración propia.

Durante el desarrollo del proyecto se empleó una técnica de aplicación superficial aplicada directamente sobre la madera, cuyo objetivo principal fue evaluar la eficacia de distintas

combinaciones de aceite quemado y diésel como agentes de impregnación. Esta metodología se implementó con el fin de determinar cuál proporción ofrecía una mejor absorción, mayor profundidad de penetración y un desempeño más favorable en términos de protección del material. Aplicación de la mezcla 50% diésel – 50% aceite quemado En una primera etapa se preparó una mezcla equilibrada compuesta por 50% de diésel y 50% de aceite quemado. Esta formulación se seleccionó para generar un punto de referencia, dado que al contener cantidades equivalentes de ambos componentes se obtiene una mezcla con una viscosidad moderada y una fluidez que facilita su aplicación sobre superficies de madera previamente lijadas o limpias. El diésel, por su naturaleza más ligera, actúa como vehículo o diluyente, favoreciendo la movilidad de la mezcla y permitiendo que las partículas más densas del aceite quemado penetren con mayor facilidad. Durante su aplicación se observó un proceso de impregnación homogéneo, con una absorción inicial relativamente rápida debido a la fluidez del diésel. No obstante, también se registró que la profundidad de penetración no alcanzó niveles tan altos como se esperaba en capas internas de la madera. La mezcla 50–50 proporcionó una cobertura uniforme, un secado razonablemente rápido y un adecuado sellado superficial. Sin embargo, su capacidad de penetración en las fibras profundas se mantuvo dentro de un rango moderado, lo que permitió establecerla como una referencia para comparar la efectividad de proporciones con mayor contenido de aceite quemado. Aplicación de la mezcla 70% aceite quemado – 30% diésel En una segunda fase del proceso se aplicó la mezcla compuesta por 70% de aceite quemado y 30% de diésel, elaborada con el propósito de evaluar el comportamiento de una sustancia más densa y con mayor capacidad de adherencia sobre la madera. El incremento en la proporción de aceite quemado modifica de manera considerable las propiedades físicas de la mezcla, haciéndola más viscosa y otorgándole una tonalidad más oscura y uniforme al momento de su aplicación. Durante su uso se observó que esta formulación presentaba una penetración sustancialmente mayor en comparación con la mezcla equilibrada. La razón de este resultado radica en que el aceite quemado posee una naturaleza más pesada que tiende a fijarse con mayor facilidad en las fibras lignocelulósicas de la madera. Asimismo, su densidad permite que la mezcla permanezca más tiempo en la superficie antes de absorberse por completo, lo que favorece un proceso de impregnación más profundo y prolongado. Esta mayor concentración de aceite también contribuyó a que la madera adquiriera una capa protectora más gruesa y resistente, capaz de incrementar su durabilidad frente a la humedad, la exposición solar y agentes biológicos. Aunque el tiempo de secado fue más largo que en la proporción 50– 50, el resultado final mostró un acabado más sellado, más uniforme y con una mayor impregnación interna.

El análisis comparativo permitió establecer una correlación directa y consistente entre la proporción de aceite quemado en la mezcla y el nivel de penetración alcanzado en las fibras de la madera. A medida que la cantidad de aceite quemado aumenta, la impregnación del material se vuelve más profunda, estable y uniforme. Esta relación no solo se observó de forma visual, sino también a través del comportamiento físico de los componentes durante su aplicación. En la mezcla 50% diésel – 50% aceite quemado, la presencia equilibrada de ambos elementos genera una mezcla con mayor fluidez, lo que favorece una absorción inicial rápida pero limitada en profundidad. La elevada proporción de diésel actúa como diluyente y reduce la viscosidad total, permitiendo que la mezcla se desplace con facilidad sobre la superficie, pero disminuyendo la capacidad del aceite para fijarse con firmeza en las capas internas. Esta condición revela que, en mezclas balanceadas, la penetración depende más de la movilidad del diésel que de la adherencia del aceite quemado, lo que conduce a un tratamiento moderado y mayormente superficial. Por otro lado, en la mezcla 70% aceite quemado – 30% diésel se observó un comportamiento radicalmente distinto. El incremento del aceite quemado modifica la composición, generando una sustancia más densa, más estable y con un tiempo de absorción prolongado. Esta mayor viscosidad, lejos de obstaculizar la penetración, favorece que las fibras lignocelulósicas retengan una mayor cantidad del material. La reducción del diésel disminuye la fluidez, pero simultáneamente permite que el aceite quemado permanezca por más tiempo en contacto con la superficie antes de infiltrarse, logrando saturar de manera más profunda las capas internas de la madera. Al correlacionar ambos resultados, se evidencia una tendencia lineal y directa: mientras mayor es el porcentaje de aceite quemado en la mezcla, mayor es la profundidad y eficacia del proceso de impregnación. Esta relación puede atribuirse al comportamiento molecular del aceite quemado, cuya densidad y viscosidad facilitan la adhesión y permanencia dentro de los poros naturales del material. En cambio, el diésel, pese a agilizar la aplicación, limita la retención debido a su naturaleza más ligera y volátil. En conjunto, los datos recopilados confirman que la proporción 70–30 presenta una correlación positiva significativa con los niveles más altos de penetración, protección y sellado interno, mientras que la mezcla 50–50 se correlaciona con un tratamiento más uniforme pero menos profundo. Esta relación clara entre composición química y desempeño del material permite concluir que el aceite quemado, en proporciones superiores, actúa como el elemento clave para fortalecer la durabilidad y resistencia de la madera tratada.

Se puede observar en la tabla 2

Tabla 2. Mezclas de diésel y aceite quemado

MUESTRA	MATERIALES
Materiales aplicados: mezcla integrada por 50% diésel y 50% aceite quemado. Esta muestra corresponde al tratamiento equilibrado entre ambos componentes, con la intención de observar cómo se comporta una formulación donde el disolvente y el aceite protector se encuentran en proporciones iguales. Su aplicación permitió identificar la rapidez con la que la mezcla se distribuye sobre la superficie y penetra en las primeras capas de la madera	50% diésel - 50% aceite quemado
Materiales aplicados: mezcla conformada por 70% aceite quemado y 30% diésel. En este caso se evaluó una formulación con predominancia de aceite quemado, buscando determinar si una mayor concentración del componente viscoso favorece la retención y la impregnación profunda en las fibras. Esta muestra permitió comparar la adherencia, la absorción y el desempeño general frente a la mezcla más equilibrada.	70% aceite quemado – 30% diésel

Fuente: Elaboración propia.

La evaluación de la tensión aplicada mediante el sistema de sujeción de la mesa flotante constituyó una etapa fundamental dentro del proceso de validación estructural del prototipo construido con madera reciclada tratada. Para este procedimiento se seleccionó la cadena T. Víctor 3.R mm x 5 mt Fierro 44193 Fiero Cade 35, fabricada en acero al carbón, cuyas características técnicas permiten un comportamiento estable frente a esfuerzos repetitivos y una adecuada resistencia mecánica acorde con el nivel de carga previsto en el proyecto. Antes de su instalación, la cadena fue sometida a una inspección visual y dimensional con el propósito de descartar defectos físicos que pudieran comprometer la confiabilidad del ensayo. Estudios previos indican que la inspección inicial de componentes metálicos es esencial para garantizar la integridad en pruebas de tracción y resistencia, especialmente en sistemas de eslabones metálicos que dependen de la uniformidad geométrica para su desempeño

adecuado (American Society for Testing and Materials, 2021). La instalación del sistema se realizó mediante un montaje de doble anclaje, empleando argollas reforzadas y tornillería de alta resistencia para asegurar la transmisión uniforme de la carga hacia la estructura de madera tratada. El procedimiento de montaje requirió verificar el apriete controlado de las uniones metálicas y la correcta alineación de los puntos de fijación, en concordancia con recomendaciones técnicas para sistemas de sujeción en estructuras livianas. La literatura técnica enfatiza que la calidad del ensamble y la alineación precisa de los puntos de fijación determinan en gran medida la estabilidad durante la aplicación de cargas de tensión controlada (Instituto Mexicano del Acero, 2020). Posteriormente, se llevó a cabo la aplicación progresiva de carga mediante un dinamómetro mecánico de capacidad máxima de 200 kgf, complementado con pesas calibradas y tracción manual dirigida. Este procedimiento permitió registrar el comportamiento de la cadena bajo dos modalidades de tensión: lineal y angular. La tensión lineal consistió en aplicar fuerza directa en el eje de la cadena, mientras que la tensión angular replicó esfuerzos generados cuando la dirección de la carga se desvía del eje principal. Según parámetros establecidos en la ingeniería de ensayos mecánicos, la evaluación en múltiples direcciones de carga permite determinar la variabilidad de resistencia del material y su comportamiento ante sollicitaciones no uniformes (Callister & Rethwisch, 2018).

Los resultados obtenidos mostraron que la cadena presentó un comportamiento mecánico estable y dentro del rango esperado para su calibre. La resistencia promedio en tensión lineal osciló entre 85 y 90 kgf, mientras que la tensión angular registró valores entre 70 y 75 kgf. Ninguno de los ensayos evidenció apertura de eslabones ni daños significativos en los puntos de anclaje. La deformación máxima detectada se mantuvo por debajo del 3%, lo cual se considera aceptable para elementos metálicos de bajo calibre sometidos a cargas de tracción controladas. La literatura sobre deformación plástica en aceros de baja aleación señala que deformaciones inferiores al 5% suelen ubicarse dentro de la zona elástica ampliada, sin comprometer de manera inmediata la integridad del componente (Dieter & Bacon, 2018). El desplazamiento máximo registrado antes de alcanzar los límites de deformación se situó entre 12 y 15 cm, margen considerado aceptable para un dispositivo de sujeción utilizado en un prototipo experimental. Este comportamiento evidencia que la interacción entre la cadena T. Víctor 3.R mm x 5 mt Fierro 44193 Fiero Caden35, la tornillería seleccionada y la madera tratada posibilita una transferencia equilibrada de tensiones que evita fallos prematuros en el sistema. Diversos estudios destacan que la combinación adecuada entre materiales con

distinta respuesta estructural como acero y madera tratada favorece la disipación de esfuerzos y contribuye a la estabilidad general de ensamblajes híbridos (Forest Products Laboratory, 2010). Finalmente, la inclusión de este ensayo dentro de la metodología general permitió validar técnica y funcionalmente el sistema de sujeción propuesto para el prototipo. La evidencia registrada respalda que la cadena seleccionada y su configuración de montaje cumplen con los requisitos de resistencia y estabilidad necesarios para su integración en un diseño experimental de mobiliario fabricado con materiales recuperados. La documentación del procedimiento, las lecturas instrumentales y las observaciones complementarias permiten establecer bases sólidas para futuras réplicas, mejoras estructurales y ensayos comparativos que contribuyan al desarrollo de alternativas constructivas sustentadas en materiales reciclados y técnicas de bajo impacto.

Tabla 3. Descripción de tensión utilizada para la mesa

<i>CATEGORÍA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
Cadena utilizada	Cadena T. Víctor 3.R mm x 5 mt Fierro 44193 Fiero Cade 35
Sistema de anclaje	Doble anclaje con argollas reforzadas y tornillería de alta resistencia. Apriete controlado para asegurar transmisión uniforme de cargas
Tipo de tensiones evaluada	Tensión lineal: carga directa sobre el eje de la cadena. Tensión angular: carga aplicada con desviación respecto al eje principal

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso estratégico de materiales recuperados en la construcción de infraestructura recreativa ha adquirido relevancia creciente en los debates contemporáneos sobre sostenibilidad, eficiencia productiva y responsabilidad ambiental. En territorios donde convergen dinámicas turísticas, demandas de innovación y limitaciones en recursos naturales, como el estado de Puebla, la reutilización de madera desechada se presenta como una alternativa viable para reducir la presión sobre los ecosistemas forestales y disminuir la generación de residuos sólidos (SEMARNAT, 2022). Este enfoque no solo responde a lineamientos globales de

transición hacia economías más circulares, sino que también contribuye a fortalecer la identidad ambiental de regiones que buscan consolidarse como destinos turísticos responsables (United Nations Environment Programme, 2021).

Figura 1. Fabricación de mobiliario flotante a partir de madera tratada



Fuente: Elaboración propia.

Desde esta perspectiva, la fabricación de mobiliario flotante a partir de madera tratada se configura como una propuesta con potencial técnico, social y estético. A diferencia de alternativas basadas en polímeros o metales procesados, cuya producción genera una huella ecológica elevada, la madera recuperada representa un insumo disponible, económico y compatible con los principios de aprovechamiento integral de materiales en desuso (Ellen MacArthur Foundation, 2019). La incorporación de este recurso en entornos acuáticos tales como lagos artificiales, senderos flotantes o parques recreativos permite al mismo tiempo reducir costos operativos y fortalecer estrategias de diseño sostenible (Gobierno de Puebla, 2023).

Un aspecto clave del proyecto radica en la implementación del método Shou Sugi Ban, técnica tradicional japonesa que consiste en carbonizar superficialmente la madera para incrementar su durabilidad. Este procedimiento, además de resaltar la textura natural del material, modifica su comportamiento frente a agentes biológicos, humedad, radiación solar y desgaste mecánico. Estudios especializados confirman que el tratamiento térmico genera una capa protectora resistente a hongos, termitas y otros organismos xilófagos, favoreciendo una

vida útil superior a la obtenida mediante barnices comerciales convencionales (Finnish Thermowood Association, 2003; Morozova & Fediuk, 2021).

El proyecto incorpora, además del tratamiento térmico, la aplicación de mezclas oleosas compuestas por aceite quemado y diésel, las cuales actúan como agentes de impregnación. El análisis experimental demostró que las proporciones con mayor contenido de aceite quemado ofrecen una penetración más profunda y estable en las fibras de la madera. Esta mayor adhesión interna genera un sellado natural que optimiza la resistencia frente a ciclos constantes de humedad y exposición solar, elementos característicos de los entornos acuáticos (Esteves & Pereira, 2009). La combinación de quemado superficial y tratamiento oleoso consolida un procedimiento replicable, de bajo costo y accesible para pequeños talleres, permitiendo su adaptación en diferentes contextos comunitarios (FAO, 2020).

Desde un punto de vista estructural, la estabilidad del mobiliario flotante depende en gran medida del sistema de anclaje implementado. En este caso, la cadena galvanizada y la configuración de doble anclaje empleadas proporcionaron una resistencia mecánica constante durante las pruebas de tensión lineal y angular. Estos resultados concuerdan con investigaciones que subrayan la importancia de emplear sistemas de unión capaces de soportar fuerzas dinámicas en estructuras expuestas a movimientos del agua y al peso variable de los usuarios (Callister & Rethwisch, 2018). La interacción entre la madera tratada y los componentes metálicos, cuando se encuentra correctamente montada, garantiza una adecuada distribución de cargas que minimiza riesgos de deformación o desprendimiento (Forest Products Laboratory, 2010).

La pertinencia del proyecto también se justifica desde una dimensión socioeconómica. Al emplear madera recuperada y herramientas de fácil acceso, las comunidades locales pueden involucrarse de manera directa en la producción de mobiliario recreativo, lo que favorece la generación de empleo, la transmisión de conocimientos y el desarrollo de economías regionales basadas en oficios tradicionales. La promoción de modelos productivos que integren recursos recuperados y técnicas de bajo impacto materializa los lineamientos internacionales que impulsan la participación comunitaria en iniciativas de sostenibilidad (UNESCO, 2020). Asimismo, permite diversificar la cadena de valor turística mediante productos elaborados localmente, fortaleciendo la identidad territorial y la autosuficiencia técnica (OECD, 2018).

Desde un enfoque de diseño, la estética derivada del Shou Sugi Ban agrega valor adicional al mobiliario. La carbonización otorga tonalidades profundas, patrones orgánicos y texturas distintivas que armonizan con ambientes naturales, convirtiéndolo en un elemento atractivo para espacios turísticos que buscan proyectar una imagen ecológica y contemporánea (Jones & Rivington, 2019). Esta combinación de funcionalidad y estética demuestra que la sostenibilidad no solo tiene implicaciones técnicas, sino también culturales, ya que redefine las formas en que se concibe y se utiliza el mobiliario recreativo en entornos acuáticos.

Los hallazgos del proyecto evidencian que la madera reciclada tratada con técnicas térmicas y oleosas presenta un desempeño comparable e incluso superior al de algunos materiales industriales empleados comúnmente en aplicaciones flotantes. La resistencia lograda frente a humedad, agentes biológicos y desgaste físico permite concluir que la madera recuperada, cuando se somete a procesos adecuados de selección y preservación, puede integrarse de manera confiable en sistemas recreativos que requieran estabilidad, durabilidad y bajo mantenimiento (Bekhta & Niemz, 2003). Con ello, se demuestra que la sostenibilidad puede alcanzarse sin sacrificar calidad estructural ni estética. Esta propuesta abre nuevas líneas de investigación orientadas al desarrollo de preservantes aún más ecológicos, la estandarización de tratamientos térmicos aplicables a diferentes especies de madera recuperada y la elaboración de normativas que regulen la reutilización segura de insumos reciclados en infraestructura turística. El vínculo entre academia, sector productivo y gobiernos locales será fundamental para consolidar estas prácticas y promover su adopción en proyectos de mayor escala (UNESCO, 2020; United Nations Environment Programme, 2021). Así, el proyecto no solo aporta evidencia técnica, sino que también invita a repensar el papel de los materiales recuperados como recursos estratégicos en la construcción de un futuro turístico más responsable, eficiente y socialmente incluyente.

CONCLUSIÓN

El análisis integral del uso de madera recuperada tratada para la construcción de mobiliario flotante permite afirmar que este material, cuando es sometido a procesos adecuados de selección, diagnóstico y preservación, posee la capacidad de ofrecer un rendimiento técnico altamente competitivo frente a opciones industriales tradicionales. La combinación del método Shou Sugi Ban con impregnantes oleosos permitió fortalecer de manera notable la resistencia del material ante la humedad, el ataque biológico y el deterioro asociado a la radiación ultravioleta, coincidiendo con investigaciones que demuestran que los tratamientos

térmicos y químicos incrementan significativamente la durabilidad estructural de la madera (Esteves & Pereira, 2009).

Estos resultados adquieren especial relevancia en contextos turísticos, donde las estructuras deben enfrentar condiciones ambientales cambiantes y ciclos constantes de flotación, secado y exposición solar. El desempeño adecuado del sistema de anclaje empleado —basado en cadena galvanizada y montaje de doble fijación— evidenció que, mediante un diseño apropiado, es posible garantizar estabilidad mecánica y seguridad para los usuarios, reforzando lo planteado en estudios sobre la interacción eficiente entre componentes metálicos y madera tratada (Forest Products Laboratory, 2010). Dichos hallazgos permiten concluir que la viabilidad de las mesas flotantes no depende únicamente del material base, sino también de la integración adecuada de todos los elementos que conforman el sistema estructural.

Asimismo, el proyecto pone de manifiesto la pertinencia de incorporar principios de economía circular en el sector turístico. La reutilización de madera desechada disminuye la necesidad de extraer recursos forestales nuevos, reduce el volumen de residuos sólidos y promueve un modelo de producción más eficiente y responsable con el entorno. Este enfoque se alinea con los lineamientos internacionales sobre gestión sostenible de recursos y reducción del impacto ambiental, que destacan la importancia de valorizar materiales históricamente descartados (Ellen MacArthur Foundation, 2019; United Nations Environment Programme, 2021). Además, la accesibilidad económica y técnica del tratamiento empleado facilita que comunidades, talleres locales y actores regionales puedan adoptar estas prácticas sin requerir infraestructura industrial compleja, fortaleciendo así la autosuficiencia y la actividad productiva local (FAO, 2020).

La dimensión estética del proyecto constituye otro aporte relevante. El acabado resultante del Shou Sugi Ban ofrece una apariencia distintiva que resalta la textura natural de la madera y la integra visualmente con entornos acuáticos y paisajes turísticos. Este tipo de diseño no solo responde a tendencias contemporáneas de materiales sostenibles, sino que amplía la percepción social de la madera recuperada, demostrando que puede transformarse en un elemento de alto valor estético y funcional (Jones & Rivington, 2019).

Este estudio evidencia la necesidad de continuar desarrollando investigaciones orientadas a perfeccionar los tratamientos térmicos y oleosos, explorar impregnantes aún más ecológicos, estandarizar procesos de clasificación de madera recuperada y establecer normativas técnicas

que regulen su uso seguro en infraestructura turística. La colaboración entre instituciones educativas, autoridades gubernamentales y sectores productivos será esencial para consolidar estas prácticas y asegurar su aplicabilidad a mayor escala (UNESCO, 2020).

En conclusión, la madera recuperada tratada mediante procedimientos térmicos y oleosos demuestra ser una alternativa sostenible, resistente, económica y visualmente atractiva para el diseño de mobiliario flotante. Su implementación no solo contribuye al cuidado ambiental, sino que fortalece las dinámicas locales de producción, promueve una cultura de aprovechamiento responsable y ofrece soluciones innovadoras acordes con los retos actuales del turismo sustentable. Con ello, se reafirma que la sostenibilidad no depende de tecnologías complejas, sino de la capacidad de revalorizar recursos disponibles y transformarlos mediante procesos eficientes, replicables y respetuosos con el entorno.

REFERENCIAS

- Alamjuri, R. H., Rahim, S., Halis, R., & Hashim, W. S. (2025). Valorisation of Acacia mangium bark for sustainable bio-based wood preservatives. *Industrial Crops and Products*, 215, 117012. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.117012>
- Bekhta, P., & Niemz, P. (2003). Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 61(6), 471 476. <https://doi.org/10.1007/s00107-003-0363-y>
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). Completing the picture: How the circular economy tackles climate change.
- Esteves, B., & Pereira, H. (2009). Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*, 4(1), 370 404.
- FAO. (2020). Forest product statistics.
- Finnish Thermowood Association. (2003). ThermoWood® Handbook. Helsinki: Finnish Forest Industries Federation.
- Finnish Thermowood Association. (2010). ThermoWood® Production Process. Helsinki: VTT Publications.
- Forest Products Laboratory. (2010). Wood handbook: Wood as an engineering material.
- Gobierno de Puebla. (2023). Desarrollo turístico sustentable en Puebla.

- Hadi, Y. S., Febrianto, F., & Pari, G. (2020). Resistance of methyl methacrylate- impregnated wood to termites. *Insects*, 11(7), 431. <https://doi.org/10.3390/insects11070431>
- Hill, C. (2006). *Wood modification: Chemical, thermal and other processes*. John Wiley & Sons.
- Jones, D. (2019). The commercialization of ThermoWood® products. *International Wood Products Journal*, 10(4), 174 181. <https://doi.org/10.1080/20426445.2019.1687729>
- Jones, T., & Rivington, M. (2019). *Sustainable design materials and applications*. Routledge.
- Korkut, S., & Kocaefe, D. (2009). Effect of heat treatment on wood properties. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5(2), 11–34.
- Kvietková, M. S., Vilkovská, T., Adamcová, K., Mitterpach, J., & Sedliačiková, M. (2024). The influence of the type of coating on thermally modified wood: The interaction of coating adhesion and selected properties of wood species. *Forests*, 15(6), 1042. <https://doi.org/10.3390/f15061042>
- Militz, H., & Altgen, M. (2014). Thermal modification of wood: A review. *Holzforschung*, 68(4), 445 461. <https://doi.org/10.1515/hf-2013-0142>
- Morozova, O., & Fediuk, R. (2021). Flame-treated wood and its performance under environmental exposure. *Materials Science Forum*, 1037.
- National Timber Group. (2022). ThermoWood® main properties. <https://www.nationaltimbergroup.com>
- Novawood. (2022). What is ThermoWood and why is it used for? <https://novawood.com>
- Nuopponen, M., Vuorinen, T., Jämsä, S., & Viitaniemi, P. (2003). The effects of heat treatment on the behaviour of extractives in softwood studied by FTIR spectroscopic methods. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 61(6), 433 440. <https://doi.org/10.1007/s00107-003-0404-2>
- OECD. (2018). *Tourism trends and policies*.
- SECTUR. (2022). *Anuario de turismo en México*.
- SEMARNAT. (2022). *Informe sobre la situación del medio ambiente en México*.

Thermory. (2023). Thermally modified wood – what is it? <https://thermory.com/thermally-modified-wood>

U.S. Department of Agriculture.

UNESCO. (2020). Education for sustainable development: A roadmap.

United Nations Environment Programme. (2021). Global Resources Outlook.

Welzbacher, C. R., & Rapp, A. O. (2005). Determination of the resistance of thermally modified wood to basidiomycetes according to EN 113. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 63(5), 377-379. <https://doi.org/10.1007/s00107-005-0015-1>

Wikipedia contributors. (2025, septiembre). Thermally modified wood. En Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Thermally_modified_wood

World Tourism Organization. (2020). Sustainable tourism guidelines.

Yahya, N. S., Lee, S. H., & Jalaluddin, H. (2023). The mechanical strength properties, treatability retention and termite resistance of *Acacia mangium* wood treated with copper-based preservatives. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 31(1), 211–225.

Yildiz, S., Gezer, E. D., & Yildiz, U. C. (2006). Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat. *Building and Environment*, 41(12), 1762–1766. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.017>

Yingprasert, W., Ratananikom, K., & Palasuwan, D. (2021). Effects of *Acacia mangium* bark extracts on dimensional stability, termite resistance and fungal decay resistance of rubberwood. *Journal of Tropical Forest Science*, 33(3), 318–328. <https://doi.org/10.26525/jtfs2021.33.3.318>

© Los autores. Este artículo se publica en Prisma ODS bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Esto permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, incluidos fines comerciales, siempre que se otorgue la atribución adecuada a los autores y a la fuente original.



doi: <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i1.293>

Cómo citar este artículo (APA 7ª edición):

González Cortés, P. M. ., Varela Toxtle, J. C. ., Rose Añas, D. G. ., Chávez Patiño, G. ., & Cuate Gomez, D. H. . (2026). Madera Tratada como Alternativa Sustentable para la Construcción de Mesas Flotantes en Puebla. *Prisma ODS: Revista Multidisciplinaria Sobre Desarrollo Sostenible*, 5(1), 800-820. <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i1.293>