



Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Mechanical properties of wood with moth

Propriedades mecânicas da madeira com traça

Manuel Nicolas Dutan-Chimborazo^I
manuel.dutan.17@est.ucacue.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1474-2959>

Juan Sebastian Maldonado-Noboa^{II}
jmaldonadon@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5329-2201>

Cesar Humberto Maldonado-Noboa^{III}
cmaldonadon@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0383-5460>

Correspondencia: manuel.dutan.17@est.ucacue.ec

***Recibido:** 27 de febrero de 2022 ***Aceptado:** 30 de marzo de 2023 * **Publicado:** 03 de abril de 2023

- I. Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- II. Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- III. Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Resumen

La madera como elemento de construcción se ha utilizado durante la historia de la humanidad los primeros rastros de construcción se encontró aproximadamente en la época neolítica como una solución a la necesidad de obtener mejores refugios. Según el paso el tiempo, la madera cobro más fuerza para construcciones habitacionales en las ciudades coloquiales. En Ecuador a partir de la conquista española la madera ha sido el elemento fundamental en la construcción.

En el Cantón el Tambo la utilización de la madera se puede evidenciar en sus casas patrimoniales ubicadas, en su mayoría, en la carrera Ingapirca, bajada de Cachi, y la Diositeo Gonzales. En los últimos años se ha evidenciado que dicha infraestructura ha sufrido problemas por apolillamiento en sus elementos principales. No se ha realizado la evaluación de daño de estas estructuras y no se han establecido medidas preventivas (trabajos correctivos o trabajos de restauración).

Este estudio estudia el comportamiento mecánico y físico de los elementos de madera afectados con apolillamiento. Mediante el constante desarrollo de la construcción en la actualidad se puede realizar representaciones mecánicas con lo cual se puede obtener las pérdidas .

Palabras clave: Madera; Polilla; Características; Resistencia.

Abstract

Wood as a construction element has been used throughout the history of humanity. The first traces of construction were found approximately in the Neolithic era as a solution to the need to obtain better shelters. As time went by, wood gained more strength for residential constructions in colloquial cities. In Ecuador, since the Spanish conquest, wood has been the fundamental element in construction.

In the Cantón el Tambo, the use of wood can be evidenced in its patrimonial houses located, for the most part, in the Ingapirca race, Cachi descent, and the Diositeo Gonzales. In recent years it has been shown that said infrastructure has suffered from moth-eaten problems in its main elements. The damage assessment of these structures has not been carried out and preventive measures (corrective works or restoration works) have not been established.

This study studies the mechanical and physical behavior of wood elements affected by moth-eaten. Through the constant development of the construction at present, mechanical representations can be made with which the losses can be obtained.

Keywords: Wood; Moth; Characteristics; Endurance.

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Resumo

A madeira como elemento de construção tem sido utilizada ao longo da história da humanidade, tendo os primeiros vestígios de construção sido encontrados aproximadamente no Neolítico como solução para a necessidade de obtenção de melhores abrigos. Com o passar do tempo, a madeira ganhou mais força para as construções residenciais nas cidades coloquiais. No Equador, desde a conquista espanhola, a madeira é o elemento fundamental na construção.

No Cantón el Tambo, o uso da madeira pode ser evidenciado em suas casas patrimoniais localizadas, em sua maioria, na corrida Ingapirca, descida Cachi e no Diositeo Gonzales. Nos últimos anos, foi demonstrado que a referida infraestrutura sofreu com problemas carcomidos em seus principais elementos. Não foi realizada a avaliação de danos destas estruturas e não foram estabelecidas medidas preventivas (obras correctivas ou obras de restauro).

Este estudo estuda o comportamento mecânico e físico de elementos de madeira afetados por traças. Através do constante desenvolvimento da construção atualmente, podem ser feitas representações mecânicas com as quais as perdas podem ser obtidas.

Palavras-chave: Madeira; Mariposa; Características; Resistência.

Introducción

La madera como elemento de construcción se ha utilizado durante miles de años debido que se es muy abundante y económicamente viable, debido a su gran variedad y su apariencia atractiva, los primeros rastros se han encontrado de la época neolítico cuando la humanidad se encuentra con la necesidad de tener refugios y con la utilización de la madera cual tiene una mayor seguridad de las problemáticas de la época. (Hejazi, 2006).

La madera es un material fuerte y duradero que puede soportar mucha presión, tiene una alta relación resistencia-peso, lo que significa que puede soportar cargas pesadas sin doblarse ni romperse. Es un recurso natural renovable que abunda en muchas partes del mundo, lo que lo convierte en una opción popular para constructores y arquitectos. La madera es un material complejo compuesto de celulosa, lignina y otros compuestos orgánicos. Sus propiedades dependen de varios factores, incluidas las especies, las condiciones de crecimiento y los métodos de procesamiento. (Alawode et al., 2023)

Con la revolución de la industria, donde se inicia con diversos materiales de construcción y es donde también se inicia con el uso de madera con lo cual se pudo fabricar los tableros, luego en el siglo XX existe una revolución por el descubrimiento de la madera laminada encolada. Con lo cual se pudo construir edificaciones con luces de gran tamaño.

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Como aislante natural puede ayudar a regular la temperatura dentro de un edificio. Tiene una conductividad térmica baja, lo que significa que puede retener el calor y mantener los edificios calientes en invierno y frescos en verano. Siendo así, un material de construcción rentable en comparación con otros materiales como el hormigón o el acero. Está ampliamente disponible, es fácil de transportar y requiere menos energía para producir.

Como aislante natural puede ayudar a regular la temperatura dentro de un edificio. Tiene una conductividad térmica baja, lo que significa que puede retener el calor y mantener los edificios calientes en invierno y frescos en verano. Siendo así, un material de construcción rentable en comparación con otros materiales como el hormigón o el acero. Está ampliamente disponible, es fácil de transportar y requiere menos energía para producir.

Las vigas y columnas de madera son elementos estructurales comunes que se utilizan en la construcción residencial, especialmente para armar techos, pisos y paredes. Estos elementos deben ser capaces de soportar las cargas y tensiones estructurales que se les imponen, manteniendo su integridad y apariencia a lo largo del tiempo.

Las vigas de madera son elementos estructurales horizontales que soportan el peso del techo o los pisos de un edificio. Vienen en varias formas y tamaños, según la carga que necesiten transportar y el tramo que necesiten cubrir. Algunos tipos comunes de vigas de madera incluyen: vigas de madera maciza, laminada y de chapa laminada.

Las vigas de madera maciza están hechas de una sola pieza de madera y se utilizan a menudo en los métodos de construcción tradicionales. Tienen buena resistencia y durabilidad, pero pueden estar limitados en términos de su luz. Las columnas de madera son elementos estructurales verticales que soportan el peso de los pisos y el techo de un edificio. Según (Sikkema et al., 2023), vienen en varias formas y tamaños, dependiendo de la carga que necesiten transportar y la altura que necesiten abarcar. La capacidad de carga de una viga o columna de madera depende de su área de sección transversal, forma y tipo de madera utilizada. La capacidad de carga debe ser suficiente para soportar el peso de la estructura y cualquier carga adicional que se le imponga. La deflexión se refiere a la cantidad de flexión que se produce en una viga o columna de madera cuando se aplica una carga. La deflexión de los elementos de madera está influenciada por su tamaño, forma y las propiedades de la madera. La deflexión excesiva puede provocar fallas o daños estructurales.

El módulo de elasticidad es una medida de la rigidez de un material y se define como la relación entre la tensión y la deformación en la parte lineal de la curva de tensión-deformación. El módulo de ruptura es una medida de la resistencia de un material y se define como la tensión a la que el material falla al

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

doblar. Por ejemplo, (una especie de madera de uso común en la construcción) suelen estar entre 12 000 y 14 000 MPa y entre 80 y 110 MPa, respectivamente, cuando se prueban en paralelo a la fibra y con un contenido de humedad del 12 %. Sin embargo, estos valores pueden variar ampliamente según las condiciones específicas de la madera y el método de prueba utilizado. (Bucklin et al., 2022) La madera puede ser apolillada, es decir, que ha sido atacada por hongos de pudrición, puede presentar varios problemas cuando se utiliza como elemento estructural dentro de una edificación. Representa, perder gran parte de su resistencia mecánica, lo que significa que puede no ser capaz de soportar cargas tan bien como la madera sana. Esto puede hacer que los elementos estructurales de madera apolillada se deformen o incluso fallen bajo cargas de servicio normales.

Además, la madera apolillada puede tener una capacidad reducida para transferir cargas debido a la reducción de su sección transversal. Esto puede aumentar las tensiones en las secciones restantes, lo que a su vez puede debilitar aún más la madera y reducir su capacidad de carga. Según (Kuperstein Blasco et al., 2021), debido a su susceptibilidad a la propagación del fuego. Los hongos de pudrición pueden debilitar la madera y hacer que sea más fácilmente combustible, lo que aumenta el riesgo de propagación del fuego dentro de la estructura.

La madera apolillada puede comprometer la seguridad estructural de un edificio y aumentar el riesgo de falla estructural, deformación, propagación de fuego y otros problemas. Es importante realizar inspecciones regulares y mantener la madera en buenas condiciones para minimizar estos riesgos.

Es importante seleccionar la madera adecuada para su uso estructural en función de las propiedades de la especie, la resistencia mecánica, la durabilidad y la exposición al ambiente. La madera debe cumplir con los estándares de calidad y ser inspeccionada por un experto para detectar cualquier defecto antes de su uso.

La madera es un material natural y es susceptible a la humedad, lo que favorece la proliferación de hongos de pudrición. Para evitar esto, se debe asegurar que la madera esté adecuadamente protegida contra la humedad. Esto se puede lograr mediante la aplicación de revestimientos protectores, la instalación adecuada de sistemas de drenaje y ventilación, y la protección de la madera del contacto directo con el agua y la humedad.

La evaluación técnica de estructuras antiguas de madera es un proceso complejo que requiere conocimientos especializados y experiencia en la evaluación de estructuras de madera. Inspeccionar regularmente la madera estructural para detectar cualquier signo de deterioro o daño. La detección temprana de problemas permitirá su reparación o reemplazo oportuno, evitando problemas mayores. requiere un mantenimiento adecuado para garantizar su durabilidad y seguridad. Esto incluye la

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

limpieza regular, la eliminación de cualquier fuente de humedad, la aplicación de revestimientos protectores y la reparación o reemplazo de cualquier pieza dañada. (Pastor Quiles et al., 2022)

Se puede obtener mediante pruebas no destructivas, como la resistografía, la tomografía y la medición de la humedad un análisis más experimental del estado de la madera en elementos estructurales. Se debe realizar un análisis estructural para determinar la capacidad de carga y la estabilidad de la estructura de madera. Esto incluye la evaluación de la resistencia a la flexión, la compresión, el corte y la torsión de los diferentes elementos estructurales, así como la estabilidad frente a cargas laterales, como el viento o los sismos.

El refuerzo de las vigas de madera se puede lograr mediante la adición de elementos nuevos, como láminas de acero o fibra de carbono, o mediante la instalación de placas de refuerzo o pernos de anclaje. Los refuerzos deben ser diseñados para fortalecer y proteger la estructura de madera existente. Aplicar tratamientos de protección para prevenir futuros daños, como la aplicación de productos químicos para la prevención de hongos e insectos, y la instalación de barreras contra la humedad. (Balasbaneh & Sher, 2021)

La madera se ha venido utilizando debido a su resistencia y durabilidad, y también dentro de sus características se encuentra su bajo peso pudiendo ser utilizado en el exterior como en el interior. Ecuador una vez siendo sometido mediante la conquista española, la madera ha sido el elemento primordial de las grandes infraestructuras en sus elementos principales como son columnas, vigas que ahora son declaradas como patrimonio.

En Ecuador a partir de la conquista española la madera ha sido el elemento fundamental en la construcción siendo utilizado en: columnas, vigas que fueron elaborados rústicamente a mano, comúnmente la estructura estaba conformado de pisos de piedra, columnas y vigas de madera con paredes de adobe o carrizo y lodo y con techos de teja de con lo cual se produjo la infraestructura colonial.

Con la crisis europea en el siglo XIX, tuvo un deslindamiento del sistema arquitectónico colonial en el Ecuador, sin embargo, debido que el territorio es rico en variedad forestal, se sigue utilizando la madera para cumplir una necesidad habitacional, en el Cantón el Tambo la utilización de la madera se puede evidenciar en sus casas en las estructuras de los techos y pisos que son considerados patrimoniales y que se encuentran ubicadas en su mayoría en la carrera Ingapirca, bajada de Cachi, y la Diositeo Gonzales.

Dentro de las estructuras más emblemáticas del cantón el Tambo se encuentra la iglesia central que tiene el cielo raso de madera, el coro, gradas, balaustres y pisos. Al pasar del tiempo y al estar

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

sometidos a agentes naturales como son los sismos, aluviones y además de eso organismos como la polilla, y el nulo mantenimiento realizado en estos elementos han ido realizando un deterioro considerable de la infraestructura. Y al no existir un estudio del comportamiento físico - mecánico no se puede garantizar su resistencia estructural con lo cual no se garantiza su uso ocupacional.

Las infraestructuras no deben tener daños en sus elementos estructurales,

La evaluación mecánica y física de los elementos de madera en una estructura consiste de someter a ensayos, inspecciones, mediciones y en caso de:

- Aumento de pisos.
- Cambio de uso de la estructura.
- Disminución del área del elemento.
- Deberá realizarse una evaluación de sus elementos y un recalcu.

Los resultados de los ensayos también dependerán mucho del estado de la apolillamiento, de la densidad que tengan estos y la humedad (Olsson et al., 2010). En el estudio estructural de las infraestructura de madera, sobre todo en las construcciones antiguas y que se han categorías como patrimonio, es de difícil aplicación ensayos normalizados (Steffen et al., 1997).

Las pruebas de compresión y flexión son técnicas de fácil aplicación con lo cual se obtiene las propiedades mecánicas necesarias para proceder con una evaluación de la madera. Básicamente se trata de la obtención de muestras o piezas con dimensiones que se encuentran establecida en las (Andino, 1984)

Las pruebas de mecánicas son de los elementos apolillados serán necesarias para la obtención del módulo de elasticidad y de ruptora. Estos parámetros podrán ser utilizados para un modelamiento matemático con lo cual se podrá determinara el estado actual de la estructura (Hansson & Antti, 2003). Dentro de las complicaciones de la evaluación de las estructuras antiguas de madera es que no se podrán ser desmanteladas y aplicadas a métodos destructivos (Cointe et al., 2007).

Para iniciar con el proceso de evaluación se procedió con una inspección visual, con lo cual se puede identificar los elementos afectados y sus condiciones, el siguiente es la obtención de muestras, con lo cual se podrá categorizar en : Grave, Media, Inicial.

La madera de eucalipto es una de las utilizadas en edificaciones de Ecuador (Pérez, 2014) Este tipo de madera es aceptada en sus propiedades físicas y mecánicas en (Ministerios de desarrollo urbano y vivienda, 2015)

Dentro de los problemas de la madera se encuentra la plaga de insectos que comúnmente es la polilla de madera que son de tamaños de 7 a 8 mm en su madurez y en diámetros menores de 4-5 mm y que

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

tiene una vida entre 10 a 12 años (Ruiz, 2016), que su caracterización principal es la construcción de galerías el cual es evidenciado como un polvo granular, además la característica de estos insectos es realizara agujeros redondos dispersos aparate su inconfundible serrín (Querner, 2015), otra característica de esta plaga es el residuo dejado en la viga que con la manipulación manual genere un residuo amarillento indicando el ataques de la plaga(Lasheras F, 2009).

En el presente documento de investigación se realizara una evaluación de vigas de madera antigua de la Iglesia San Juan Bautiza del Cantón el Tambo el estudio se realizara de una manera visual y mediante recolección de muestras que deberán ser sometidas a ensayos físicos y mecánicos. Los ensayos mecánicos que fueron sometidos las muestras son flexión y ensayos de compresión paralela. El objetivo de la investigación es conocer la resistencia paralela de los esfuerzos de compresión a sus fibras(ALVIS GORDO et al., 2017).

En el 2022, la cubierta de la Iglesia San Juan Bautiza del Cantón El Tambo de la provincia del cañar fue dado un mantenimiento y algunos de sus elementos fueron retirados de su ubicación original. Esta estructura tiene una antigüedad estimada de 76 años(Autónomo et al., 2020) para la obtención de las propiedades mecánicas se rescató tres vigas de madera apolilladas con lo cual al ser sometidas a ensayos, con lo cual se visualizó el comportamiento mecánico de estos elementos y posterior a eso aplicar aditivos experimentales. Con estos resultados se podrá aplicar a trabajos categorización como son Mantenimiento, Reparación o el cambio del elemento.

Metodología

Las técnicas utilizadas en este estudios están guiadas por el trabajo de (Laurencin & James, 2014). Los ensayos realizados fueron realizados en los laboratorios de suelos de la Universidad Católica De Cuenca, de la Facultad de ingeniería, industria y construcción. El material utilizado para el ensayo se obtuvo de una inspección visual en la Iglesia Juan Bautista, en el cual se obtuvieron 3 vigas de madera de eucalipto apolilladas de la cubierta que se encontraba siendo sometida a mantenimiento y para tener una mejor información se procedió a categorizar en tres grupos dependiendo su afectación por la polilla en : Inicial, Media y Grabe como se visualiza en la ilustración 1(Diodato, 2015). Las dimensiones fueron en dos grupos para los ensayos de flexión fue de 20 mm de espesor (E), 50 mm de ancho(R) y 1500 mm de largo(L) (Figura 1). Y para los ensayos de compresión se tomó en cuenta la normativa de la ASTM fueron las siguientes medidas 50 mm de espesor(E), 50 mm de ancho (R) y 1500mm de largo (L).

Caracterización de niveles de daños de la madera por polilla

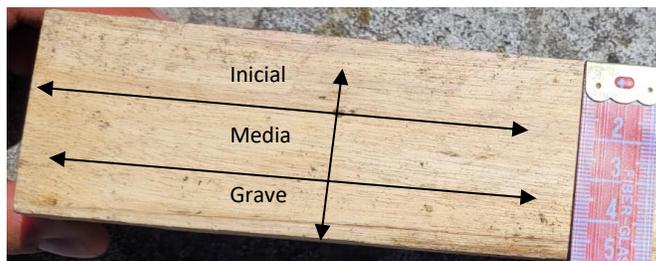
Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Ilustración 1 identificación de las muestras de vigas a ser ensayadas



Obteniendo las vigas afectadas por la plaga se procedió a obtener las probetas con las dimensiones regidas en la norma ASTM y a su vez en el libro de Grupo andino de Diseño en madera (Andino, 1984), para la categorización de dichas probetas se procedió a medir el grado de afectación según su diámetro de la probeta como se muestra en la siguiente ilustración. Con lo que se pudo a categorizar en tres grupos en: Inicial, Media y Grave .

Ilustración 2 identificación de los daños por polilla



Con las muestras obtenidas se procedió con la limpieza y se ubicaron a una temperatura promedio de 15 °C. Antes de iniciar con la prueba se moldeó las vigas a las medidas antes descritas debido que el diámetro de las vigas utilizadas en la construcción eran circulares lo que imposibilitó la ejecución de los ensayos.

Ilustración 3 probetas para el ensayo de compresión



Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Ilustración 4 probetas para el ensayo de flexión



Aplicación de aditivo

Cuando existe este tipo de problemas por apolillamiento en las construcciones actuales lo más recomendable es el cambio del elemento estructural, debido que el caso estudiado pertenece a la Iglesia San Juan Bautista y considerada patrimonio del Cantón el Tambo con las probetas obtenidas se proceda a realizar una aplicación química con lo cual los siguientes ensayos se refregarla las propiedades mecánicas.

Ilustración 5 tratamiento químico con fungicida



El químico utilizado es de marca maderas, que actúa tipo neurotóxico con el insecto provocando una muerte neuronal, para la aplicación de este químico se utilizó una brocha dándole una imprimación a la superficie de la probeta por un periodo de 15 días aproximadamente, con lo cual se continuo a los ensayos de compresión y flexión.

Pruebas de flexión

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Las pruebas de flexión tipo tres puntos adaptados a los procedimiento de (Yamasaki & Sasaki, 2010) que consistieron la medición de la deflexión (Y) generada por una carga (P) aplicada en el centro longitudinal (L) de la muestra. La muestra fue colocada en dos soportes de a una distancia de 1500 mm. La distancia entre puntos de aplicación de carga es de 1250 mm y una distancia sobresaliente de 125 mm en cada apoyo.

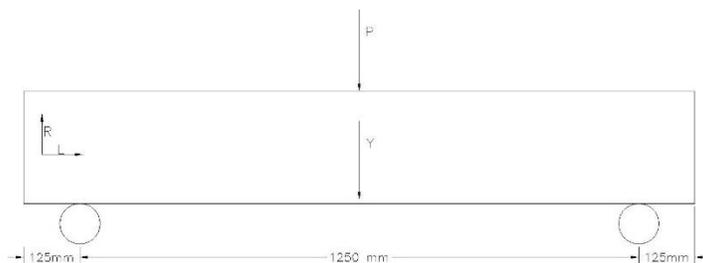


Ilustración 6 Prueba de Flexión

La velocidad de carga fue de 1 kn/min usando un equipo Marshall con capacidad de 50.00 kn. La velocidad de desplazamiento fue de 3.55 mm/ min.

El módulo de elasticidad en flexión tres puntos se calcularon con la fórmula(Olsson et al., 2012).

$$MOE = \frac{\Delta P}{\Delta y} \left(\frac{3aL^2 - 4a^3}{48I} \right) \quad (1)$$

En donde:

MOE= Modulo de elasticidad (Pa)

ΔP = Intervalo de carga en el dominio elástico (N)

Δy = Intervalo de deflexión en el dominio elástico (m)

L= Distancia entre apoyos al punto de carga (m)

A= Distancia de un apoyo al punto de carga(m)

I= Momento de inercia de la sección transversal (m^4)

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Para la obtención de módulo de ruptura de 3 puntos se utilizara la siguiente formula (Olsson et al., 2012)

$$MOR = \frac{3aPr}{bh^2} \quad (2)$$

MOR= módulo de ruptura (Pa)

Pr= Carga a la Ruptura (N)

A= Distancia de un apoyo al punto de carga (m)

B= espesor (base) de la viga (m)

H=Ancho (altura) de la viga (m)

Ilustración 7 ensayo de flexión instalación de la Universidad Católica De Cuenca



Ensayo de compresión

Para el ensayo se procedió con la utilización de la maquina IBERTEST donde se aplastará una fuerza de aplastamiento entre dos caras planas y paralelas. Esta fuerza deberá ser aplicado de manera paralela a las fibras.

El ensayo de compresión consiste en el aplastamiento de la muestra o probeta entre dos superficies planas y paralelas(Pérez, 2014) para lo cual se trabaja con los parámetros de la normativa ASTM el cual está reflejada en la tabla 1

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Ilustración 8 Relación entre el esfuerzo aplicado “ σ ” y la deformación unitaria “ ϵ ”. Cuando se sobrepasa el límite elástico, y se suprime el esfuerzo aplicado, el material queda permanentemente deformado

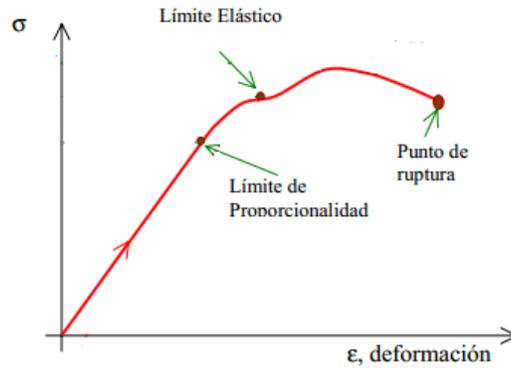


Tabla 1 parámetros de control de la máquina y del ensayo

	Parámetros	Norma ASTM
Parámetros de control de la máquina	Velocidad de movimiento	100 mm/min
	Detección de rotura	15%
Parámetros del ensayo	Célula	100 KN
	Límite máximo fuerza	103 KN
	Velocidad	2 KN/s

Para el ensayo inicio con la obtención de la muestra con las dimensiones establecidos por la normativa ASTM que son de 50x50x150 mm. Como se muestra en la ilustración 10.

Ilustración 9 ensayo de compresión probeta sin curado



Resultados

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Una vez realizada la intervención a las probetas con apolillamiento ilustración 10 y 11 en la se puede comprobar una disminución notorita en el daño de la viga segundo las ilustraciones 12 y 13 que tienen 15 días de aplicación del químico y ha dado como resultado la eliminación de la plaga en las vigas con daño :Inicial, Medio, Final. Y con la constante aplicación del químico se logró llegar los vacíos en la probeta que eran utilizadas como:

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Ilustración 10 Probeta con apolillamiento daño medio



Ilustración 11 imagen microscópica de la viga sin tratamiento



Ilustración 12 imagen microscópica con tratamiento



Ilustración 13 comportamiento del químico en un periodo de 15 días



Ensayo de compresión

La madera para ser considerado como madera estructural deberá cumplir con parámetros establecidos en la NEC(Estructuras de madera) en el cual se caracteriza en 3 grupos A,B,C dependiente de su módulo de elasticidad y de sus esfuerzos admisibles de la compresión paralela.

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Ilustración 14 ensayo de compresión probeta sin curar : Inicial

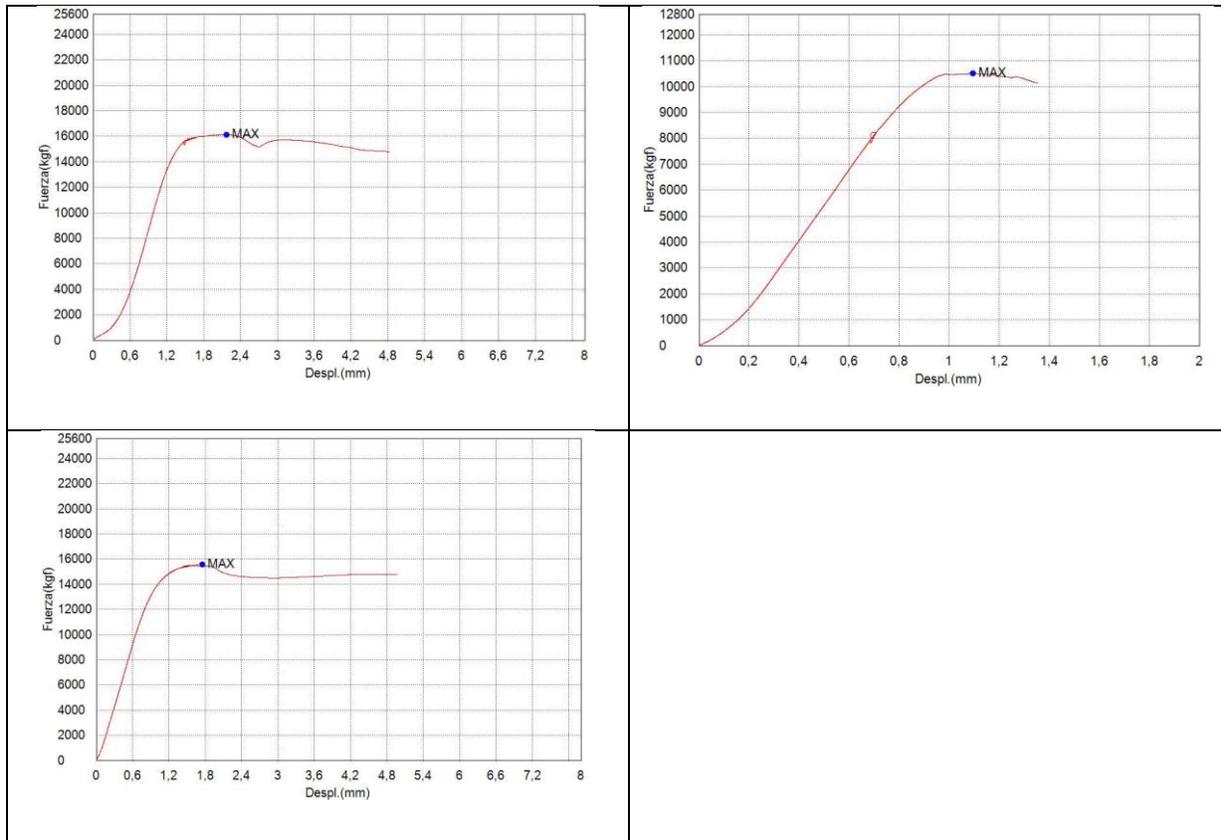
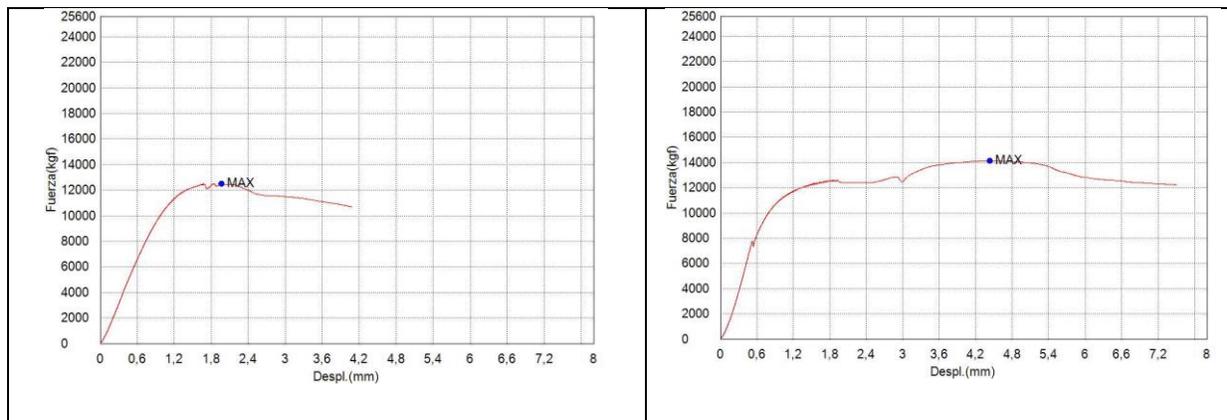


Ilustración 15 ensayos de compresión probeta sin curar : medio



Propiedades mecánicas de la madera con polilla

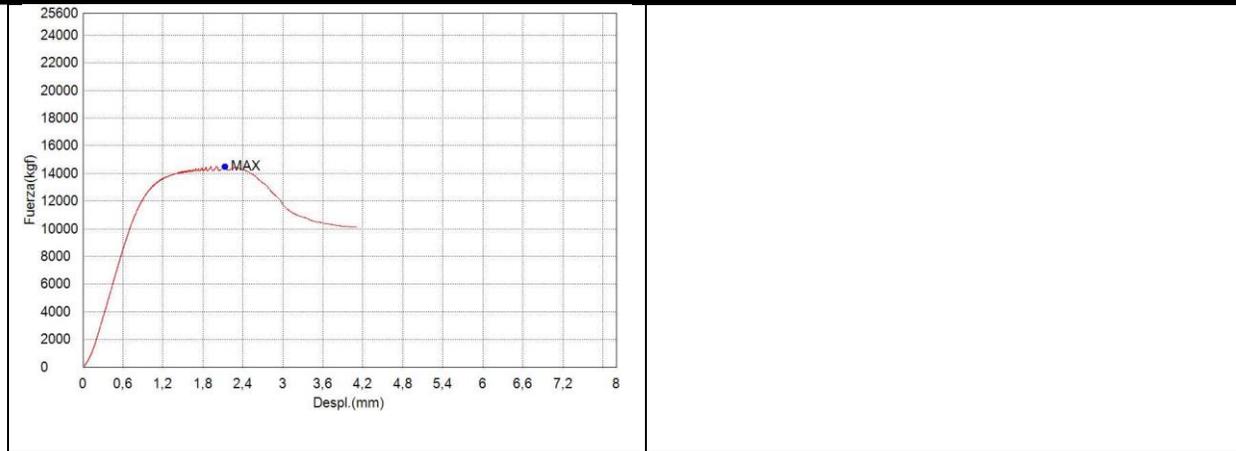
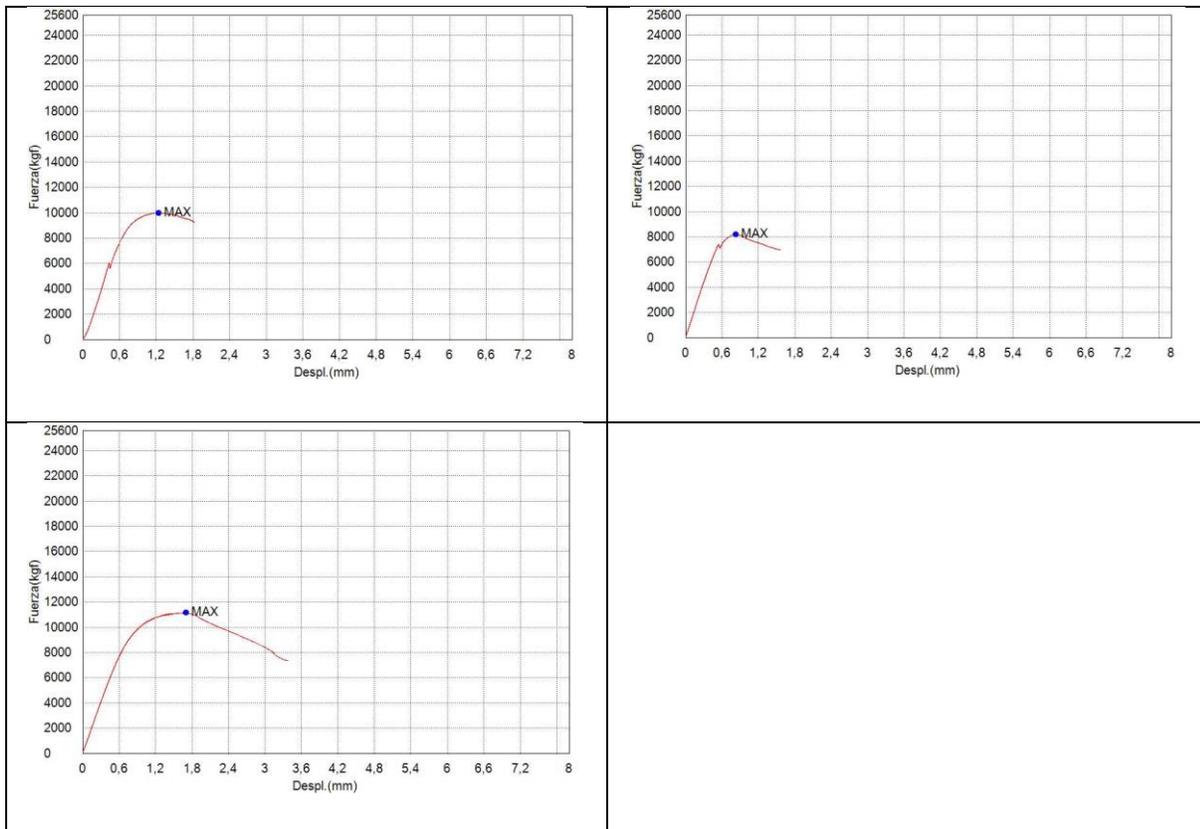


Ilustración 16 ensayos de compresión sin curar probetas: Grave



Ensayos de flexión

Módulo de elasticidad de las 3 probetas sin tratamiento estudiadas tienen un promedio aproximado 57878 Mpa. Existiendo una diferencia significativa entre la probeta inicial y grave esto se podría

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

explicar debió a la afectación por la polilla y los vacíos dejados por estos animales, los módulos fueron calculados con la ecuación (1).

Tabla 2 módulos de elasticidad y de ruptura

Muestras sin tratamiento	MOE (MPa)	MOR (MPa)
Inicial	72333	36,09
Medio	52858	29,78
Grave	48472	29,27
Promedio	57878	31,71

El resultado de módulos de elasticidad y módulo de ruptura con la aplicación de la del químico nos da el siguiente resultado que se puede evidenciar un incremento en sus valores esto es debido al sellado y empastado de los vacíos con el elemento químico

Tabla 3 Muestra con tratamiento

Muestras con tratamiento	MOE (MPa)	MOR (MPa)
Inicial	78033	39.61
Medio	58811	33.10
Grave	48072	26.85
Promedio	61639	38.85

Ensayo de compresión con la aplicación del aditivo sellante

Se obtiene dos grupos de probetas a ser sometidas el primer grupo será sin ningún tratamiento solo simplemente se les moderara con las medidas estandarizadas de las probetas, para el segundo grupo se les aplicara un sellante y un curado durante cuarenta y cinco días en una temperatura de 20 °C.

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

Ilustración 17 ensayos de compresión en probetas curadas : Inicial

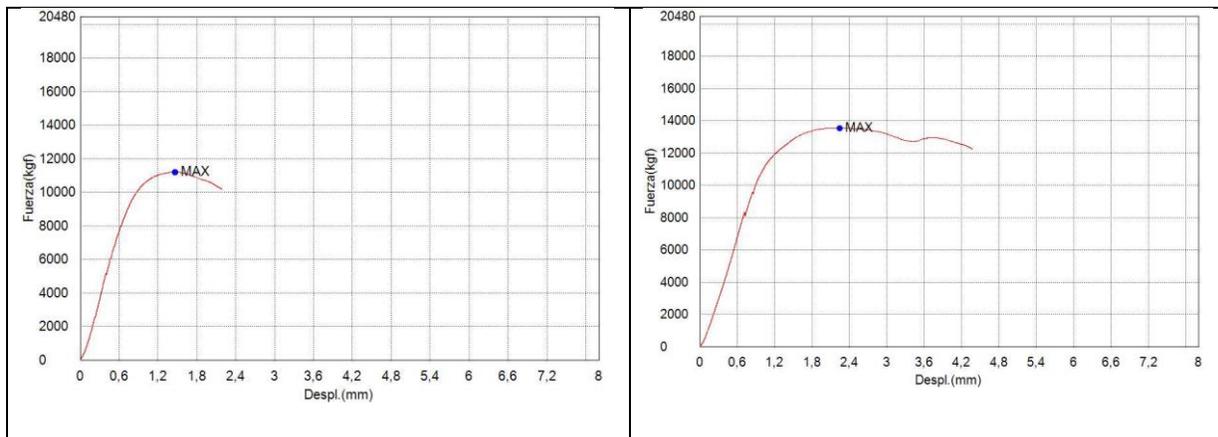


Ilustración 18 Ensayo de compresión de probetas curadas: Medio

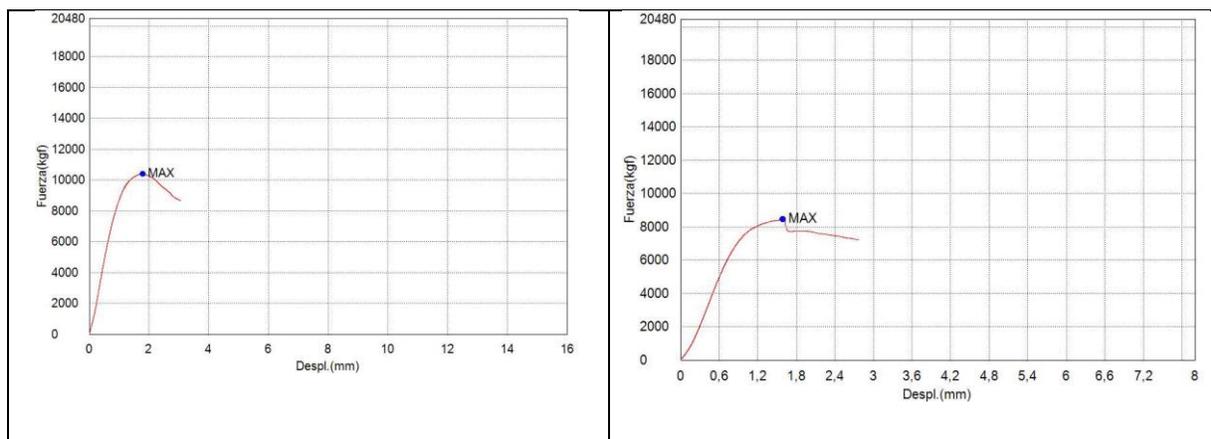
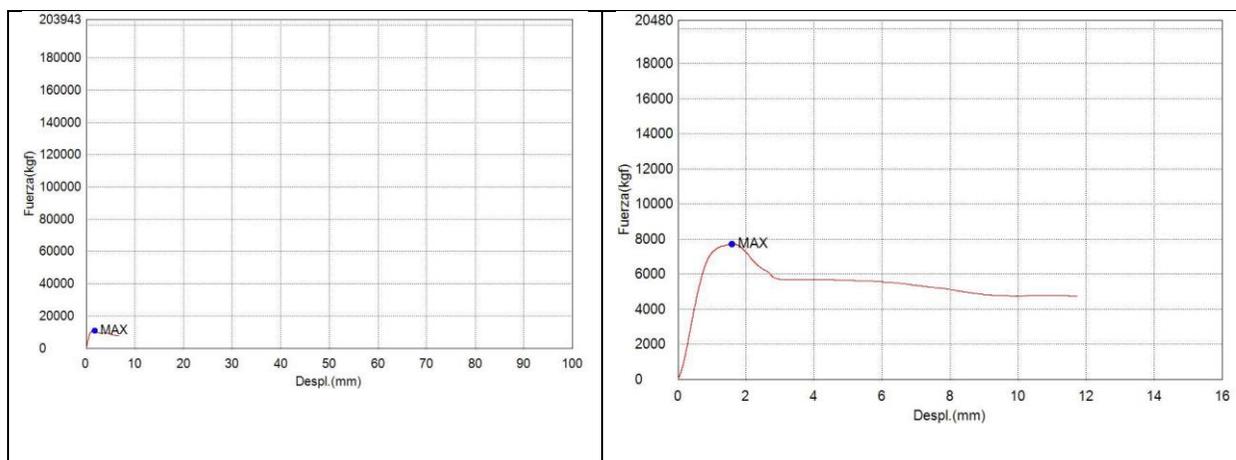


Ilustración 19 ensayos de compresión en probetas curadas categorizada :grave



Conclusiones

- Las probetas ensayadas sin tratamiento denominadas Inicial y media tiene módulos aceptables entrando dentro del grupo de madera estructural A Y B, sin embargo, la denominada grave no cumple con las condiciones de los esfuerzos admisibles para ser denominada como madera estructural según la NEC (Estructuras de madera).
- Con la aplicación del químico las probetas ensayadas A y B tienen una mejora en su resistencia en un 9 % mejorando así su resistencia y pudiéndose continuar siendo utilizadas con el tratamiento como elementos estructurales dentro de la cubierta de la Iglesia San Juan Bautista del Cantón el Tambo.
- La probeta con clasificación grave se les dio un tratamiento químico sin embargo las propiedades mecánicas obtenidas en los ensayos y en comparación con la NEC no se puede ser utilizado dentro de la infraestructura siendo necesario el remplazo de las mismas.

Referencias

1. Alawode, K. J., Vutukuru, K. S., Elawady, A., & Chowdhury, A. G. (2023). Review of wind loading on roof to wall connections in low-rise light wood-frame residential buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 236, 105360. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jweia.2023.105360>
2. ALVIS GORDO, J. F., CABAS GIRALDO, L. D., & VALENCIA RAMOS, D. P. (2017). PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA DE URACO(Ocotea brevipetiolata van der Werff),MUNICIPIO DE SIBUNDOY, PUTUMAYO. *Biotechnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 66. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(15\)66-75](https://doi.org/10.18684/bsaa(15)66-75)
3. Andino, G. (1984). *Manual_Disenio.Pdf* (p. 591).
4. Autónomo, G., Municipal, D., & El, I. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Intercultural El Tambo*.
5. Balasbaneh, A. T., & Sher, W. (2021). Comparative sustainability evaluation of two engineered wood-based construction materials: Life cycle analysis of CLT versus GLT. *Building and Environment*, 204, 108112. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108112>

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

6. Bucklin, O., Menges, A., Amtsberg, F., Drexler, H., Rohr, A., & Krieg, O. D. (2022). Mono-material wood wall: Novel building envelope using subtractive manufacturing of timber profiles to improve thermal performance and airtightness of solid wood construction. *Energy and Buildings*, 254, 111597. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111597>
7. Cointe, A., Castéra, P., Morlier, P., & Galimard, P. (2007). Diagnosis and monitoring of timber buildings of cultural heritage. *Structural Safety*, 29(4), 337–348. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2006.07.013>
8. Diodato, M. (2015). IDENTIFICACIÓN FUNDAMENTAL EN LA INVESTIGACIÓN DE HISTÓRICAS DE MADERA : CASOS PRÁCTICOS HERRAMIENTA. 377–386.
9. Hansson, L., & Antti, A. L. (2003). The effect of microwave drying on Norway spruce woods strength: A comparison with conventional drying. *Journal of Materials Processing Technology*, 141(1), 41–50. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(02\)01102-0](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(02)01102-0)
10. Hejazi, M. (2006). Structural Analysis of the Wooden Structure of the Historical Building of Ali Qapu. *Journal of Structural Engineering*, 132(11), 1801–1805. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9445\(2006\)132:11\(1801\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9445(2006)132:11(1801))
11. Kuperstein Blasco, D., Saukkonen, N., Korhonen, T., Laine, T., & Muilu-Mäkelä, R. (2021). Wood material selection in school building procurement – A multi-case analysis in Finnish municipalities. *Journal of Cleaner Production*, 327, 129474. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129474>
12. Lasheras F. (2009). Patología de la construcción con madera. *Tratado Técnico Jurídico de La Edificación y El Urbanismo. Tomo I. Patología de La Construcción y Técnicas de Intervención*, 789–850. <http://oa.upm.es/53437/1/L032009TCXIMadera.pdf>
13. Laurencin, C. T., & James, R. (2014). Composites and structures for regenerative engineering. *Journal of Fluid Mechanics*, 1621. <https://doi.org/10.1557/opl.2014.4>
14. Ministerios de desarrollo urbano y vivienda. (2015). NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (1st ed.).
15. Olsson, A., Oscarsson, J., Johansson, M., & Källsner, B. (2010). Prediction of timber bending strength using dynamic excitation of bending modes. *11th World Conference on Timber Engineering 2010, WCTE 2010*, 1(December 2015), 770–779.
16. Olsson, A., Oscarsson, J., Johansson, M., & Källsner, B. (2012). Prediction of timber bending strength on basis of bending stiffness and material homogeneity assessed from dynamic

Propiedades mecánicas de la madera con polilla

- excitation. *Wood Science and Technology*, 46(4), 667–683. <https://doi.org/10.1007/s00226-011-0427-x>
17. Pastor Quiles, M., Martín-Seijo, M., & Toriti, M. (2022). From mud to wood: Addressing the study of wood resources through the analysis of earth building fragments. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 41, 103269. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103269>
 18. Pérez, Á. (2014). Comparación de ensayos a compresión de madera estructural mediante norma UNE y norma ASTM. 7, 1–92. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/6569/1/TFM-L150.pdf>
 19. Querner, P. (2015). Insect pests and integrated pest management in museums, libraries and historic buildings. *Insects*, 6(2), 595–607. <https://doi.org/10.3390/insects6020595>
 20. Ruiz, F. (2016). Estructuras De Madera. Diagnósis Y Terapéutica. Diputació Barcelona, 25. http://comunitatxslh.diba.cat/sites/comunitatxslh.diba.cat/files/madera_-dipu.pdf
 21. Sikkema, R., Styles, D., Jonsson, R., Tobin, B., & Byrne, K. A. (2023). A market inventory of construction wood for residential building in Europe – in the light of the Green Deal and new circular economy ambitions. *Sustainable Cities and Society*, 90, 104370. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104370>
 22. Steffen, A., Johansson, C. J., & Wormuth, E. W. (1997). Study of the relationship between flatwise and edgewise moduli of elasticity of sawn timber as a means to improve mechanical strength grading technology. *Holz Als Roh - Und Werkstoff*, 55(4), 245–253. <https://doi.org/10.1007/bf02990556>
 23. Yamasaki, M., & Sasaki, Y. (2010). Determining Young's modulus of timber on the basis of a strength database and stress wave propagation velocity I: An estimation method for Young's modulus employing Monte Carlo simulation. *Journal of Wood Science*, 56(4), 269–275. <https://doi.org/10.1007/s10086-010-1108-3>