RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	**Carlos Fabio Galvis Lanzziano**
FACULTAD	**Facultad De Ingenierías**
PLAN DE ESTUDIOS	**Ingeniería Civil**
DIRECTOR	**Doc.: Nelson Afanador García**
TÍTULO DE LA TESIS	**Propiedades físico mecánicas de las maderas comercializadas en el municipio de Ocaña (N. STD.)**
TITULO EN INGLES	Physical-mechanical properties of timber marketed in the municipality of Ocaña (N. STD.)

RESUMEN
(70 palabras)

En Ocaña, la madera estructural se emplea sin análisis previo de sus propiedades, guiada solo por distribuidores locales. La falta de información técnica dificulta conocer a fondo los materiales. Para abordar esto, es esencial identificar y analizar los tipos de madera en la región, evaluando propiedades como compresión, tracción y flexión. Estos estudios buscan cumplir con normativas y establecer un uso técnico adecuado, guiando hacia un diseño estructural óptimo y seguro para la comunidad.

RESUMEN EN INGLES

In Ocaña, structural timber is used without prior analysis of its properties, guided only by local distributors. The lack of technical information makes it difficult to have a thorough understanding of the materials. To address this, it is essential to identify and analyze the types of wood in the region, evaluating properties such as compression, traction, and bending. These studies seek to comply with regulations and establish an adequate technical use, guiding towards an optimal and safe structural design for the community.

PALABRAS CLAVES	Madera, ensayos, estructural, propiedades. caracterización.
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Wood, testing, structural, properties, characterization.

CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 123	PLANOS:0	ILUSTRACIONES: 25	CD-ROM: 1

Propiedades físico mecánicas de las maderas comercializadas en el municipio de Ocaña (N. STD.)

Carlos Fabio Galvis Lanzziano

Facultad de ingeniería, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Ingeniería Civil

Doctor Nelson Afanador García

08 Febrero 2024

Agradecimientos

A Dios, por ser fuente de sabiduría y salud, y ser el mayor apoyo a lo largo del camino académico que hoy culmina con la realización de este proyecto de grado. "Fíate de Jehová de todo tu corazón, y no te apoyes en tu propia prudencia. Reconócelo en todos tus caminos, y él enderezará tus veredas". Proverbios 3: 5-6.

Dr. Nelson Afanador García: Director del trabajo de grado por su adecuado acompañamiento y por el esfuerzo continuo para el desarrollo del proceso de investigación y recolección de los materiales necesarios para los ensayos de laboratorio. Su gestión nos permitió adquirir maderas de excelente calidad y un acompañamiento muy profesional durante la elaboración de los ensayos.

Ing. Jesús David Márquez Montejo: docente del área de estructuras por la dedicación y tiempo aportado durante la organización del informe, gracias a su ayuda se logra interpretar adecuadamente el comportamiento de la madera y nos orientó para un buen montaje de los resultados.

Ing. Elkin Yesid Barbosa Quintero: docente de la asignatura Construcción II por su ayuda durante el proceso de investigación y análisis de los datos recolectados en los ensayos de laboratorio.

Iván Darío: laboratorista encargado del Laboratorio de Resistencia de los Materiales y Sísmica de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, quien nos brindó su colaboración durante los ensayos que allí se realizaron, aportándonos su experiencia y conocimientos.

Yeison Manzano: administrador del Aserrío Multimaderas Manzano, por brindar asesoramiento desde el inicio de la recolección de la información para la clasificación de las maderas y el montaje de las características de la madera en la ficha técnica.

Equipo de carpinteros: A Mario Manzano y a Eliecer Jacome por el buen trabajo durante la realización de las probetas y por aportar información del uso de las maderas que se pudo plasmar en la ficha técnica en la sección de características de la madera.

Tabla de contenido

Lista de Figuras 7

Lista de Tablas 9

1. Propiedades físico mecánicas de las maderas comercializadas en el municipio de Ocaña (N. STD.) 11

1.1 Planteamiento del Problema 11

1.2 Formulación del Problema 13

1.3 Objetivos 14

1.3.1 General 14

1.3.2 Específicos 14

1.4 Justificación 15

1.5 Delimitaciones 17

1.5.1 Delimitación operativa. 17

1.5.2 Delimitación conceptual. 18

1.5.3 Delimitación geográfica 18

1.5.4 Delimitación temporal. 18

2. Marco referencias 19

2.1 Marco histórico 19

2.2 Marco teórico 25

2.3 Marco conceptual 29

2.4 Marco contextual 30

2.5 Marco legal 30

3. Diseño metodológico 34

3.1 Tipo de investigación 34

3.2 Población y muestra 34

3.2.1 Población 35

3.2.2 Muestras 35

4. Propiedades físico mecánicas de las maderas comercializadas en el municipio de Ocaña (N. STD.) 37

4.1 Caracterizar la madera comercializada en el municipio de Ocaña (N. STD), utilizando las normas técnicas colombianas y la NSR-10 para conocer cuáles son estructural y no estructural. 37

4.2 Determinar las propiedades físico mecánicas de la madera de tipo estructural comercializada en Ocaña, por medio de ensayos de laboratorio y compararlos con los valores establecidos en la NSR-10. 47

4.2.1 Resistencia a la compresión paralela al grano en madera 49

4.2.2 Resistencia a la compresión perpendicular al grano en madera 56

4.2.3 Resistencia a la tracción paralela al grano en madera 64

4.2.4 Resistencia a la flexión en madera 72

4.2.5 Resistencia al corte paralelo al grano en madera 78

4.2.6. Tablas resumen de los resultados obtenidos en todos los ensayos para cada tipo de madera 83

4.2.7 Comparación de los esfuerzos admisibles para las maderas estudiadas en esta investigación con los esfuerzos admisibles dados por la NSR-10 Titulo G.. 89

4.3 Diseñar una ficha técnica de cada una de las maderas estructurales, tomando como base los resultados obtenidos, para dicha ficha sea utilizada en el diseño estructural de los diferentes elementos constructivos. 103

5. Conclusiones 110

6. Recomendaciones 113

Referencias 114

Apéndice 120

Lista de Figuras

Figura 1 *Mapa del municipio de Ocaña donde se aprecian los Aserríos visitados para la recolección de la información. Adaptado de (Google, 2022)* 44

Figura 2 *Aserrío Madreas el Cedro* 45

Figura 3 *Aserrío San José* 45

Figura 4 *Aserrío Multimaderas Manzano* 46

Figura 5 *Aserrío Caracolí* 46

Figura 6 *Aserrío La Sierra* 47

Figura 7 *Formato 16, Resistencia a la compresión axial o paralela al grano en madera. Fuente: Manual de Practicas Académicas Resistencia de Materiales, 2022* 50

Figura 8 *Gráfico Fuerza vs Deformación, ensayo compresión axial o paralela al grano en madera. Fuente: Autores, 2023.* 51

Figura 9 *Formato 17, Resistencia a la compresión perpendicular al grano en madera. Fuente: Manual de Practicas Académicas Resistencia de Materiales, 2022* 58

Figura 10 *Gráfico Fuerza vs Deformación, ensayo compresión axial o paralela al grano en madera. Fuente: Autores, 2023.* 60

Figura 11 *Formato 18, Resistencia a la tracción paralela al grano en madera. Fuente: Manual de Practicas Académicas Resistencia de Materiales, 2022* 65

Figura 12 *Gráfico Fuerza vs Tiempo, ensayo de tracción paralela en madera. Fuente: Autores, 2023* 66

Figura 13 *Fuerza vs Deformación, ensayo de tracción paralela en madera. Fuente: Autores, 2023*..... 68

Figura 14 *Mordazas para el ensayo. Fuente: Normas técnicas colombianas NTC 944 (Maderas. Determinación de la tracción paralela*..... 70

Figura 15 *Formato 19, Resistencia a la flexión en madera. Fuente: Manual de Practicas Académicas Resistencia de Materiales, 2022*..... 73

Figura 16 *Disposición de la probeta de ensayo de flexión. Fuente: Normas técnicas colombianas NTC 663 (Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión)*..... 74

Figura 17 *Fuerza Vs Tiempo, ensayo de flexión en madera. Fuente: Autores, 2023.* 75

Figura 18 *Formato 20, Resistencia al cizallamiento paralelo al grano en madera. Fuente: Manual de Practicas Académicas Resistencia de Materiales* 79

Figura 19 *Gráfico Fuerza vs Tiempo, ensayo de cizallamiento en madera. Fuente: Autores, 2023*. 80

Figura 20 *Factores de Reducción de Módulo de E y esfuerzos Fi. Tomado de la NSR-10, Titulo G, Apéndice G-A.* 90

Figura 21 *Ficha técnica diseñada para la madera Abarco.* 105

Figura 22 *Ficha técnica diseñada para la madera Eucalipto.* 106

Figura 23 *Ficha técnica diseñada para la madera Maqui*..... 107

Figura 24 *Ficha técnica diseñada para la madera Pino Patula.*..... 108

Figura 25 *Ficha técnica diseñada para la madera Sapan.*..... 109

Lista de Tablas

Tabla 1 *Información del Aserrío Maderas el Cedro.* 38

Tabla 2 *Información Aserrío El Caracolí* 39

Tabla 3 *Información Aserrío San José* 39

Tabla 4 *Información Aserrío La Cierra.* 40

Tabla 5 *Información Aserrío El Manzano.* 41

Tabla 6 *Listado de maderas estructurales escogidas para el uso en la tesis* 42

Tabla 7 *Asignación de nombres para las probetas* 48

Tabla 8 *Resumen de los resultados en los de ensayo compresión axial en muestras de Sapan.* .. 55

Tabla 9 *Resumen de los resultados en los de ensayo compresión perpendicular al grano en muestras de Maqui.* 62

Tabla 10 *Resumen para los resultados en los ensayos de tracción paralela en muestras de Abarco.* 71

Tabla 11 *Resumen de los resultados en los de ensayos de flexión en muestras de Pino.* 77

Tabla 12 *Resumen de los resultados en los de ensayos de cizallamiento en muestras de Maqui.* 82

Tabla 13 *Resultados para Maqui* 84

Tabla 14 *Resultados para Eucalipto.* 85

Tabla 15 *Resultados para Abarco.* 86

Tabla 16 *Resultados para Pino Patula.* 87

Tabla 17 *Resultados para Sapan.* 88

Tabla 18 *Comparación de los valores obtenidos para Sapan.* 91

Tabla 19 *Comparación de los valores obtenidos para Maqui*..... 92

Tabla 20 Comparación de los valores obtenidos para Abarco..... 92

Tabla 21 Comparación de los valores obtenidos para Eucalipto. 93

Tabla 22 Comparación de los valores obtenidos para Pino Patula 93

Tabla 23 *Comparación de los Módulos de Elasticidad.* 94

Tabla 24 *Resultados de depuración de datos atípicos para Maqui.* 96

Tabla 25 *Resultados de depuración de datos atípicos para Eucalipto.* 97

Tabla 26 *Resultados de depuración de datos atípicos para Abarco*..... 98

Tabla 27 *Resultados de depuración de datos atípicos para Sapan.* 99

Tabla 28 Nueva comparación esfuerzos admisibles para Sapan..... 100

Tabla 29 *Nueva comparación esfuerzos admisibles para Maqui.* 101

Tabla 30 *Nueva comparación esfuerzos admisibles para Abarco.* 102

Tabla 31 *Nueva comparación esfuerzos admisibles para Eucalipto.* 102

1. Propiedades físico mecánicas de las maderas comercializadas en el municipio de Ocaña (N. STD.)

1.1 Planteamiento del Problema

Muchos países cuentan con un desarrollo destacado en sus sistemas constructivos, lo cual se respalda con procesos industriales y tecnificados, basados en años de investigación e implementación de altos estándares de calidad.

El Building Code Act. 1992 es un código de construcción usado en la provincia de Ontario Canadá, este fue publicado por el consejo Nacional de Investigación de Canadá y luego adoptado y modificado por la provincia de Ontario. El código cuenta con estándares mínimos de diseño e implementación para la construcción, dentro del cual también se encuentran especificaciones técnicas para los trabajos realizados con madera. En dicho código se mencionan todas las asociaciones que emiten los estándares de construcción, una de estas es las CSA (Canadian Standards Association) la cual está acreditada por SCC (Standards Council of Canada) como una organización de desarrollo de estándares. Otra guía de ingeniería para la construcción de estructuras de madera es la CWC (Canadian Wood Council), el TPIC (Truss Plate Institute of Canada) el cual establece procedimientos y especificaciones de diseño para armazones de madera conectados con placas de metal liviano. (Consejo Nacional de Investigación de Canada , 2002)

En países como Brasil la Norma ABNT NBR7190 (1997) es una norma que fue elaborada por un grupo de investigación formado por varias universidades. Esta Norma establece las condiciones generales que deben seguirse en el diseño, ejecución y control de las estructuras comunes de madera, tales como puentes, cubiertas, forjados y andamios. Además de las reglas de esta Norma, deberán observarse las de otras normas especiales y los requisitos propios de cada caso particular. (Comite Brasilero de Construcción Civil , 1997).

El manual de diseño para maderas del grupo andino "resume los conocimientos sobre madera tropical acumulados en este proyecto gracias a las múltiples investigaciones de tecnología e ingeniería de la madera realizadas en los años pasados". (Junta del acuerdo de Cartagena, 1984). Los países que coordinaron y se responsabilizaron de las investigaciones para dicho manual fueron Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.

En Colombia, específicamente, la norma NSR-10 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente), título G, "Estructuras de madera y estructuras de guadua", establece los requisitos de diseño estructural para edificaciones de madera, requisitos que garantizan un nivel de seguridad comparable con edificaciones elaboradas en otros materiales diferentes a la madera. (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2010)

Los elementos estructurales elaborados en madera comercializada en el municipio de Ocaña (N. STD), son utilizados únicamente bajo la guía de los distribuidores de la zona y de aquellas personas que se han dedicado durante años a la construcción con madera sin realizar un

previo análisis de las propiedades físico mecánicas y de la respuesta que ofrece la madera usada con el transcurrir del tiempo, además los distribuidores no cuentan con una ficha técnica e información que permita conocer de mejor manera los materiales que ofrecen. A partir de esta problemática se hace estrictamente necesario conocer los tipos de madera estructural que se distribuyen en la región para así continuar con un análisis detallado de las características y propiedades, tales como, compresión paralela, compresión perpendicular, tracción, corte y flexión paralela al grano. Estos estudios determinarán si se cumple con lo recomendado en la NSR 10, Titulo G, y así poder establecer un uso técnico a los trabajos que se hacen en la comunidad. Estos análisis se plantean con el objetivo de presentar las verdaderas propiedades mecánicas de las maderas estudiadas y con base en ello, establecer sus posibles usos, vía a un diseño estructural adecuado.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuáles son las propiedades físico mecánicas de los tipos de madera estructural comercializada en el municipio de Ocaña (N. STD.)?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Determinar las propiedades físico mecánicas de las maderas estructurales distribuidas en el municipio de Ocaña (N. STD.) mediante los procesos definidos en las normas técnicas vigentes de Colombia.

1.3.2 Específicos

- Caracterizar la madera comercializada en el municipio de Ocaña (N. STD.), utilizando las normas técnicas colombianas y la NSR-10 para conocer cuáles son de tipo estructural y no estructural.
- Determinar las propiedades físico mecánicas de la madera de tipo estructural comercializada en Ocaña, por medio de ensayos de laboratorio y compararlos con los valores establecidos en la NSR-10.
- Diseñar una ficha técnica de cada una de las maderas estructurales, tomando como base los resultados obtenidos, para dicha ficha sea utilizada en el diseño estructural de los diferentes elementos constructivos.

1.4 Justificación

La madera es uno de los materiales más usados para la construcción de edificaciones, puede tener la función de absorber y expulsar la humedad de los elementos estructurales, actuando como aislante, su relación resistencia-peso es más favorable que la del acero y el concreto, teniendo en cuenta que es uno de los pocos materiales que envejecen naturalmente y que este proceso pude durar siglos. Prueba de que la madera tiene grandes ventajas contra sismos son las múltiples estructuras que han resistido sin daños las más fuertes catástrofes naturales recientes. La madera siempre se ha usado en detalles arquitectónicos o formando parte importante en conjuntos estructurales, a nivel constructivo, la madera ofrece muchas ventajas, esto se debe a su ligereza y fácil ajuste en obra. Las estructuras de madera permiten aminorar los tiempos de montaje con respecto a otros materiales. (Tknika, centro de Innovación y Aprendizaje)

Los estudios científicos y tecnológicos que se logran hacer sobre un material que continuamente es usado en la construcción son un aporte al conocimiento para las nuevas aplicaciones y mejoras en las técnicas de trabajo, reduciendo así los errores que posiblemente se han cometido anteriormente por falta de información sobre el material que se está usando. La madera es resistente y una comparación con el acero y el cemento muestra que la madera estructural tiene una relación resistencia / peso 20 por ciento más alta que el acero estructural y de cuatro a cinco veces mayor que la del cemento no reforzado en compresión (Palomino, 2021).

En Colombia el tema no es completamente desconocido, y el actual código NSR-10 contempla un capítulo para construcciones en madera, y se encuentran en desarrollo varias investigaciones sobre guadua y otras especies maderables. (Merchán Rodríguez , 2012)

El uso de madera de tipo estructural debe cumplir con los estándares de la norma sismo resistentes dado que Colombia está ubicada sobre la placa suramericana y rodeada por la placa Nazca y del Caribe o que hace que sea un país con una gran probabilidad de que ocurran sismos. En años anteriores, en la región de Norte de Santander han ocurrido sismos ocasionando colapso de estructuras y pérdidas humanas como las presentadas en el año 1875 y 1981 en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander. (Criado Rodriguez, Pacheco Vergel, & Afanador García , 2020) Para el municipio de Ocaña se deben tener en cuenta que algunos centros poblados son altamente vulnerable a eventos sísmicos, pues sus construcciones presentan diversas patologías que van desde irregularidades en planta, vertical, planta y vertical, riesgo geológico, además las viviendas fueron construidas sin atender las disposiciones de códigos de construcción.

La facilidad de la construcción con la madera; con un mínimo de equipo se alcanzan buenos rendimientos y como consecuencia bajos costos en construcción, lo cual hace competitivo como material con fines constructivos. Los elementos estructurales ensamblados a partir de piezas de madera, pueden llegar a competir con sistemas rápidos de construcción como, el sistema outinord, la mampostería reforzada, el sistema forza, o las casas prefabricadas de concreto y la construcción con elementos metálicos. (Merchán Rodríguez , 2012)

El conocimiento de las características previas al uso de un material, en este caso el de las maderas, es sumamente importante ya que estas pueden afectar su comportamiento durante el montaje de las estructuras, una de ellas son la aparición de grietas, uno de los factores responsables de provocar la perdida de la capacidad resistente del material en ingeniería estructural. Estas grietas provocan variaciones de tensión y deben considerarse en la elaboración de coeficientes abordados en los códigos de diseño. Por lo tanto, es importante estudiar el comportamiento que involucra el crecimiento de grietas a través de la mecánica de fractura (Freitas de Almeida, de Sousa Alvez, & Afanador-García, 2021)

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación operativa.

Para las muestras de las maderas seleccionadas se le realizaran los ensayos de Compresión paralela, Compresión perpendicular, Tracción, Corte y Flexión paralela al grano en el laboratorio de Resistencia de los Materiales de la UFPSO.

1.5.2 Delimitación conceptual.

Se desea conocer las propiedades físico mecánicas de las maderas estructurales comercializadas en el municipio de Ocaña (N. STD.). Para poder realizar una adecuada investigación se usa como guía la NSR-10 específicamente el Titulo G el cual nos brinda la información necesaria sobre las maderas estructurales. Los siguientes ensayos son los que se van a realizar para poder obtener las características de las maderas estudiadas; resistencia a la compresión paralela al grano en madera, resistencia a la compresión perpendicular al grano en madera, resistencia a la tracción paralela al grano en madera, resistencia a la flexión en madera, resistencia al cizallamiento paralelo al grano en madera.

1.5.3 Delimitación geográfica.

Se hace el estudio sobre los puntos de distribución de las maderas en el municipio de Ocaña (N. STD.).

1.5.4 Delimitación temporal.

Para este proyecto se estima una duración de 6 meses.

2. Marco referencias

2.1 Marco histórico

Mansilla (2020), realizo una investigación en Perú sobre el análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural, el objetivo del trabajo fue valuar la influencia del aceite de linaza en la madera de tipo Eucalyptus Glóbulus en sus propiedades físicas y mecánicas considerando muestras de control en estado seco procedente de la localidad de Ollantaytambo, este tratamiento se efectuará por inmersión prolongada y el estudio de la madera tendrá un enfoque para uso estructural, por lo que el cálculo de sus propiedades mecánicas es de mucha importancia para un correcto desarrollo de la presente investigación, las propiedades que se evaluaron fueron: Contenido de humedad, densidad, compresión perpendicular al grano, resistencia al corte o cizalla, resistencia a la flexión estática, ensayo de dureza por el método Brinell y conductividad térmica. Para todas estas pruebas se hizo uso un total de 240 muestras divididas en dos grupos; la madera sin tratar y la madera tratada con aceite de linaza. Luego de todas las pruebas desarrolladas se puede concluyo que el tratamiento de la madera con aceite de linaza para uso estructural mejora algunas de las propiedades mecánicas de la madera, por lo que es un tratamiento recomendado en caso que se requieran mejorar las propiedades resistentes de la madera.

Por otro lado, igualmente en Perú Jara (2021), hizo una investigación sobre la comparación de las propiedades físico-mecánicas de Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa) de tres y cuatro años de edad creciendo en el cantón Quevedo, provincia de los Ríos. El objetivo de la presente investigación fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de plantaciones de Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb, de tres y cuatro años de edad y determinar si las plantaciones de tres años están aptas para su aprovechamiento forestal, sin que se vean afectados los productos que fabrican la empresa forestal Balsablock cia. Ltda, la cual fue la patrocinadora de este estudio. Se procedió a identificar seis árboles representativos de cada plantación, los cuales debieron tener fuste cilíndrico y recto, diámetro y altura sobresalientes y no estar ubicado en los bordes de las plantaciones; se realizó el apeo de los árboles de los cuales se obtuvieron seis trozas de 1,25 m, dos por cada sección del fuste, de cada troza se obtuvieron viguetas las cuales se destinaron para convertirlas en probetas para los diferentes ensayos mecánicos y físicos. Los ensayos mecánicos fueron realizados en la Universidad Central del Ecuador y los ensayos físicos se los realizó en el laboratorio de suelos y aguas de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo siguiendo las especificaciones de las normas ASTM D143-99 (reapproved 2000) y ASTM D4442-92 (reapproved 1997). La plantación de cuatro años tuvo valores más altos en las siguientes propiedades físicas: contenido de humedad en estado verde, densidad en estado verde, densidad en estado anhídrido, peso específico básico, contracciones radial, tangencial, longitudinal y volumétrica; en cambio la plantación de tres años de edad presentó valores elevados en el contenido de humedad en estado anhídrido y la relación tangencial radial. La plantación de cuatro años tuvo valores más elevados para las variables del ensayo de dureza y compresión perpendicular a la fibra, en cambio la plantación de tres años

tuvo valores más elevados en las variables del ensayo de compresión perpendicular a la fibra y flexión estática.

Por otro lado, Barrientos (2018), realizo un trabajo sobre la determinación de las propiedades físico mecánicas de la madera zapote procedente de Puerto Maldonado para la identificación de sus posibles usos estructurales según la norma técnica peruana E. 010. El presente trabajo tuvo como finalidad la determinación de las propiedades físico mecánicas de la madera de Zapote proveniente de Puerto Maldonado la capital de Madre de Dios, para así determinar sus posibles usos estructurales según la Norma Técnica Peruana E.010. El material para los ensayos se obtuvo de la zona de Puerto Maldonado, basándonos en la NTP251.008 de selección y colección de muestras, en este caso probetas de madera con diferentes dimensiones, estas dimensiones varían acorde al ensayo a realizar. Al ser maderas destinadas a ensayos físicos y mecánicos se le dio un determinado acondicionamiento acorde a la NTP251.009. Se realizaron los ensayos basándonos en Normas Técnicas Peruanas especificadas en la Norma Técnica Peruana E.010 y fueron los de: "Ensayo para determinar la cantidad de humedad de agua en la madera" (NTP 251.010), "Ensayo para determinar la densidad" (NTP 251.011), "Ensayo para determinar la compresión axial o paralela al grano" (NTP 251.014), "Ensayo para determinar el cizallamiento paralelo al grano" (NTP 251.013), "Ensayo para determinar la comprensión perpendicular al grano"(NTP 251.016), "Ensayo para determinar la flexión" (NTP 251.017), "Ensayo para determinar la tensión paralela a las fibras" (NTP 251.085). Utilizamos criterios estadísticos para el manejo de los datos obtenidos, mediante el uso de las normas aplicamos las fórmulas normadas para la obtención de los resultados. Finalmente interpretamos los resultados

acordes a la Norma Técnica Peruana E010. Dando como resultado que la madera de zapote proveniente de Puerto Maldonado es una madera de uso estructural.

Escobar (2020), hizo una investigación sobre la comparación de las propiedades físico-mecánicas del bambú Guadua angustifolia Kunth de diferentes municipios de Colombia. Esta investigación se realiza mediante ensayos físico-mecánicos para la caracterización del bambú Guadua angustifolia kunth proveniente de diferentes municipios de Colombia. Este proceso que se realiza con 12 culmos de guadua de 9.00m, cortados a 1.5 m para la parte inferior, 4.5 m para la parte media y 3.00 m para la parte superior, de estas secciones se seleccionan las probetas para la realización de los ensayos de contenido de humedad, densidad, compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra, corte con nudo y sin nudo, tensión paralela a la fibra y flexión siguiendo los procedimientos indicados en la NTC 5525 “Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua angustifolia kunth”(Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, 2007b)“Validación de la guadua angustifolia material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles.”, Norma Sismo Resistente 2010. Los resultados de los ensayos son sometidos a revisión y análisis para documentar los datos correspondientes a los esfuerzos admisibles y determinación del módulo de elasticidad requerido para la construcción de estructuras con Guadua angustifolia kunth en todo el territorio nacional. Se halló el contenido de humedad para cada probeta y se clasificó por ensayos, teniendo en cuenta que varía la geometría de la probeta en cada procedimiento. El Contenido de humedad CH, para los culmos obtenidos del Socorro Santander, varía entre las probetas con el menor contenido de humedad (flexión 41.75% CH) y las de tensión paralela

tuvieron el mayor contenido de humedad (126.78% CH). Comparando con los estudios realizados a la Guadua angustifolia Kunth de las regiones del Socorro Santander, MADR, Guaduas Cundinamarca y Tolima, la Guadua angustifolia Kunth del Socorro tiene el mayor contenido de humedad 126.78%, mientras que la de Guaduas tiene el menor contenido de humedad 41.43%.

En Colombia Cespedes y Gaitan (2020), realizaron un estudio sobre la **c**aracterizacion de las propiedades fisico-mecanicas de las especies de madera de acacia, eucalipto y pino caribe. determinar las propiedades físicas y mecánicas de tres tipos de maderas, los cuales son, acacia, eucalipto y pino caribe con el fin de conocer sus características y ver su viabilidad como maderas estructurales basados con el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10). El proyecto consta de 5 etapas metodológicas que estiman la procedencia y selección de la madera, el acondicionamiento de las probetas, los ensayos, los análisis estadísticos y por último la caracterización de la madera. En general, con los ensayos realizados, se pudo establecer un cuadro comparativo con los resultados obtenidos, el cual nos permitió establecer el grupo perteneciente de cada tipo de madera según lo establecido en la NSR-10 y, además una correlación de datos que

Amaya et al. (2021), realizaron un trabajo investigación acerca de la determinación de usos potenciales de la madera de tachuelo (zanthoxylum rhoifolium lam.) a partir de la evaluación de las propiedades físico-mecánicas y características anatómicas. La madera posee múltiples propiedades que se encuentran en función del tipo de especie, variación anisotrópica, y

las características anatómicas y fisicoquímicas, que al caracterizar permite determinar el uso potencial y adecuado para cada especie forestal. De esta manera se determinaron los usos potenciales para la madera de Tachuelo (Zanthoxylum rhoifolium Lam.), a partir de características anatómicas y propiedades físico-mecánicas de su madera. Las características anatómicas se evaluaron macro y microscópicamente en los tres planos de estudio obteniendo una relación importante con las propiedades mecánicas, adicionalmente las propiedades físico–mecánicas fueron evaluadas mediante las normas de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) y norma técnica colombiana (NTC), obteniendo resultados ajustados al 12% de contenido de humedad; su análisis estadístico se realizó con base en la media aritmética y la desviación estándar. Los resultados de las características anatómicas revelan la presencia de poros pequeños a medios, con alta frecuencia (hasta 28 poros/mm2), radios en serie triseriados, fibras septadas y delgadas con grosor de 2.9 µm; las propiedades físicas revelan una densidad básica presenta un valor de 0.67 g/cm3 clasificada como pesada, un coeficiente de estabilidad dimensional de 1.65 categorizada como madera normal y una contracción volumétrica total de 13.5% categorizada como moderada; las propiedades mecánicas la compresión paralela presentó una resistencia de 380.23 kg/cm2 clasificada como media, la compresión perpendicular con un valor de 149.36 kg/cm2 categorizada como baja y cizallamiento con 146.78 kg/cm2. Se determinó que los usos potenciales de la madera de Tachuelo se concentran alrededor de la elaboración de estructuras como vigas, durmientes, columnas, pisos, puertas, mangos de herramientas y tableros.

2.2 Marco teórico

La madera: La madera se define como la sustancia vegetal más o menos dura, compacta y fibrosa que se extrae del tronco, ramas y raíces de las plantas leñosas. Es una agrupación de células de formas muy variadas de diferentes tamaños y características. Por lo tanto, la madera no es un material homogéneo, o sea, no tiene una estructura uniforme y debe cumplir en el árbol o vegetal vivo tres funciones: la conducción de la savia, o sea agua y sustancias disueltas, la transformación y almacenamiento de sustancias de reserva y el sostenimiento o resistencia mecánica del vegetal. Según (CORMA, 2010) La madera proviene de los árboles. Este es el hecho más importante a tener presente para entender su naturaleza.

El origen de las cualidades o defectos que posee pueden determinarse a partir del árbol de donde proviene. La madera tiene una compleja estructura natural, diseñada para servir a las necesidades funcionales de un árbol en vida, más que ser un material diseñado para satisfacer necesidades de carpinteros. Según (Paniagua, 2021) la madera es un tejido vegetal, cuyo nombre técnico es xylema, formado por una masa fibrosa compuesta de pequeñas células alargadas de forma tubular, paralelas al tronco del árbol y de milésimas de centímetros por sección que se extienden unos pocos milímetros a lo largo de su eje. Los árboles al crecer absorben del aire dióxido de carbono, y del suelo agua y minerales que se convierten, por el proceso de fotosíntesis, en carbohidratos, componentes básicos para la producción de células de madera.

Partes de la madera: Para (Tailaketa, 2014) las partes de la madera son:

Corteza: las partes de la madera son: Es la capa exterior del tronco, de las ramas y de las ramitas. La corteza es una capa que protege la madera interna que es más delicada. Los árboles tienen en realidad cortez int erna y externa, la capa int a erna de la corteza está hecha de células vivas y la capa externa está hecha de células muertas, parecido a nuestras uñas. El nombre científico de la capa interna de la corteza es Floema. Es la encargada de llevar la savia de azúc ar desde las hojas hacia el resto del árbol.

Cámbium: La capa delgada de células vivas dentro de la corteza se llama cámbium. Es la parte del árbol que crea nuevas células permitiendo al árbol crecer y ser más grueso cada año.

Albura (Xilema): El nombre científico para albura es xilema. Esta capa la forman una red de células vivas que traen agua y nutrientes desde las raíces hasta las ramas, ramitas y hojas. Es la madera más joven del árbol, con los años, las capas internas de albura mueren y se convierten en duramen.

Duramen: El duramen es albura muerta en el centro del tronco. Es la madera más dura del árbol, por lo que proporciona soporte y fortaleza. Usualmente su color es más oscuro que la albura

Secado convencional en horno: Consiste en secar la madera en cámaras especiales (hornos), en los cuales se manejan variables de presión, humedad y temperatura (100 a 103 ºC), la madera aserrada deberá estar seca a un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente

donde va ser instalada y en ningún caso se excederá de un contenido de humedad del 22% (Norma ITINTEC251.104). Este proceso tiene la ventaja de ser rápido, además de establecer el grado de humedad deseado. Tiene la desventaja de ser un proceso que puede provocar fisuras, grietas, arqueaduras y torceduras en la madera, dependiendo del procedimiento y la especie.

Defectos por secado Los defectos por secado se producen cuando se realiza un proceso que genera tensiones internas a nivel de estructura de la madera, siendo los más frecuentes:

- Arqueaduras
- Acanaladura
- Encorvadura

Clasificación de la madera por resistencia para uso estructural: Según la Norma Técnica Peruana E.010, se denomina A al grupo de maderas de mayor resistencia, las densidades básicas de este grupo están por lo general en el rango de 0.71 a 0.90; 28 B al grupo intermedio con una densidad entre 0.56 y 0.70 y las del grupo C de menor resistencia con una densidad básica entre 0.40 y 0.55. Cualquier especie de las ubicadas en un grupo estructural determinado se considera que reúne por igual las características de resistencia y rigidez asignadas al grupo. Desde el punto de vista de comportamiento estructural es indiferente usar cualquiera de ellas una vez seleccionado el grupo. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que las

maderas del mismo grupo estructural no siempre tienen características similares de trabajabilidad y durabilidad natural.

Propiedades Físicas de la Madera: Según (Associats, 2014) las propiedades físicas de la madera son:

Contenido de Humedad

Se refiere al contenido de agua de la madera que se presenta bajo tres formas: Libre - Imbibición - Constitución. El contenido de humedad influye sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Según (Ananias, 1993) La estructura de la madera almacena una importante cantidad de humedad. Esta se encuentra como agua ligada (savia embebida) en las paredes celulares y como agua libre, en el interior de las cavidades celulares. Para determinar la humedad en la madera, se establece una relación entre masa de agua contenida en una pieza y masa de la pieza anhidra, expresada en porcentaje. A este cociente se le conoce como contenido de humedad (Martinez et al., 2022).

Densidad

La densidad es una medida utilizada por la física y la química para determinar la cantidad de la masa en un determinado volumen. La ciencia establece dos tipos de densidades. La densidad absoluta o real que mide la masa por unidad de volumen, y es la que generalmente se entiende por densidad. Se calcula con la siguiente formula: Densidad = masa/volumen (Martinez et al., 2022).

Dureza por método Brinell

Se entiende por dureza la propiedad de la capa superficial de un material de resistir la deformación elástica, plástica y destrucción, en presencia de esfuerzos de contactos locales por otro cuerpo, más duro, el cual no sufre deformaciones residuales (indentador o penetrador), de determinada forma y dimensiones. El estándar ASTM E 10-78 define la dureza Brinell como un método de ensayo por indentación por el cual, con el uso de una maquina calibrada, se fuerza una bola endurecida, bajo condiciones específicas, contra la superficie del material a ensayar y se mide el diámetro de la impresión resultante luego de remover la carga (Martinez et al., 2022).

2.3 Marco conceptual

Madera: La madera es el material más empleado desde la más remota antigüedad. En todas las construcciones realizadas hasta los inicios del siglo XX, el empleo de la madera había resuelto de manera simple y económica algunos de los problemas constructivos esenciales, en particular la realización de divisiones internas y de cubiertas (Cedeño, 2013).

Propiedades físico-mecánicas: Las propiedades físico–mecánicas son las características de la estructura y composición de las partículas del agregado o mezcla del producto final que influye sobre la resistencia, comportamiento, las propiedades mecánicas se manifiestan cuando

aplicamos una fuerza, en cambio las propiedades físicas son aquellas que logran cambiar la materia sin alterar su composición (Rey, 2018).

2.4 Marco contextual

Ocaña fue una de las principales provincias durante la época de la colonia y jugó un papel muy importante en la vida política del país. Su mayor atractivo turístico y religioso es el Santuario del Agua de la Virgen de Torcoroma, su gastronomía es irresistible y ofrece productos únicos como es el pan ocañero, las arepas, las barbatuscas y las cocotas. Culturalmente se destaca el desfile de los genitores que es reconocido como Patrimonio Inmaterial de la Nación.

La actividad económica gira en torno al comercio y a la producción y comercialización de productos agrícolas. El 64.2% del total de la actividad corresponde al comercio, el 22.8% al sector servicios y el 1.8% a la industria**.**

2.5 Marco legal

Normas técnicas colombianas NTC 206 (Maderas. Determinación de la humedad)

Normas técnicas colombianas NTC 787 (Maderas. Selección y colección de muestras)

Normas técnicas colombianas NTC 790 (Acondicionamiento de la madera a los ensayos físicos y mecánicos)

Normas técnicas colombianas NTC 785 (Maderas. Determinación de la resistencia a la comprensión perpendicular al gran)

Normas técnicas colombianas NTC 663 (Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión)

Normas técnicas colombianas NTC 301 (requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera)

Normas técnicas colombianas NTC 944 (Maderas. Determinación de la tracción paralela al grano)

Normas técnicas colombianas NTC 775 (Maderas. Determinación de la resistencia al cizallamiento paralelo al grano)

La Constitución Política de Colombia adoptó el principio del Desarrollo Humano Sostenible para conciliar las necesidades de mejorar la calidad de vida de la población y el crecimiento económico. Así mismo, le asigna al Estado, al igual que a todas las personas, la obligación de proteger y conservar los recursos naturales de la Nación. • Dentro de los principios fundamentales de la Política Nacional Ambiental, el artículo 1º de la Ley 99 de 1993, establece entre otros, que las acciones encaminadas a proteger, conservar y recuperar el medio ambiente son tarea conjunta entre el Estado, el sector privado, la comunidad y las organizaciones no gubernamentales.

El numeral 32 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, determina que corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, entre otras funciones, establecer

mecanismos de concertación con el sector privado para ajustar las actividades de éste a las metas ambientales previstas por el Gobierno. • El numeral 14 del Artículo 31 de la Ley 99 de 1993, establece entre las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales, las de ejercer el control de la movilización, procesamiento y comercialización de los recursos naturales renovables en coordinación con las demás Corporaciones Autónomas Regionales, las entidades territoriales y otras autoridades de policía, de conformidad con la ley y los reglamentos; y expedir los permisos, licencias y salvoconductos para la movilización de recursos naturales renovables.

El numeral 4 del Artículo 64 de la Ley 99 de 1993, establece entre las funciones de los Departamentos, las de ejercer, en coordinación con las demás entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y con sujeción a la distribución legal de competencias, funciones de control y vigilancia del medio ambiente y los recursos naturales renovables, con el fin de velar por el cumplimiento de los deberes del Estado y de los particulares en materia ambiental y de proteger el derecho a un ambiente sano.

El numeral 6 del Artículo 65 de la Ley 99 de 1993, establece entre las funciones de los Municipios, las de ejercer, a través del alcalde como primera autoridad de policía, con el apoyo de la Policía Nacional y en coordinación con las demás entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA), con sujeción a la distribución legal de competencias, funciones de control y vigilancia del medio ambiente y los recursos naturales renovables, con el fin de velar por el

cumplimiento de los deberes del Estado y de los particulares en materia ambiental y de proteger el derecho constitucional a un ambiente sano.

El numeral 6 del Artículo 65 de la Ley 99 de 1993, igualmente establece entre las funciones de los Municipios, las de coordinar y dirigir, con la asesoría de las Corporaciones Autónomas Regionales, las actividades permanentes de control y vigilancia ambientales que se realicen en el territorio del municipio o distrito con el apoyo de la fuerza pública, en relación con la movilización, procesamiento, uso, aprovechamiento y comercialización de los recursos naturales renovables o con actividades contaminantes y degradantes de las aguas, el aire o el suelo.

3. Diseño metodológico

En el siguiente capítulo se tratará de mostrar la metodología empleada donde se referencia el tipo de investigación y el modelo metodológico utilizado.

3.1 Tipo de investigación

Para efectos del proyecto se opta por hacer uso de la investigación experimental. La investigación experimental es un método de investigación científica que se basa en la experimentación y la comparación de datos con variables constantes para determinar las causas y/o los efectos de los fenómenos en estudio (Significados.com, 2023).

Es toda aquella investigación que se lleva a cabo mediante métodos científicos que buscan determinar las causas y efectos de un fenómeno. Así, la investigación experimental, por definición, es un tipo de investigación cuantitativa. Es decir, trata con resultados y datos cuantitativos (y no cualitativos) que pueden medirse científica y estadísticamente (Tesis y Másters, 2023).

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Una población está determinada por sus características definitorias. Por lo tanto, el conjunto de elementos que posea esta característica se denomina población o universo. Población es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de población poseen una característica común, la que se estudia y da origen a los datos de la investigación. (Tamayo y Tamayo, 1997)

La población de los tipos de madera estructural se determina haciendo una georreferenciación de los sitios que la venden, el sector o bloque de actividad que nos proporcionará la información clave sobre la distribución de la madera en el municipio de Ocaña. Con esta información, es realizada una visita a los puntos de venta de madera con el propósito de recopilar el inventario detallado de las variedades de madera disponibles en cada uno de ellos.

3.2.2 Muestras

En congruencia con las directrices establecidas en el "Manual de Prácticas Académicas de Resistencia de Materiales de la UFPSO" (Lobo, Caicedo, & Afanador, 2022) y tras consultar con el Dr Nelson Afanador García, se establece el uso de tres probetas por ensayo, lo que suma un total de setenta y cinco (75) probetas. Estas probetas serán empleadas en los siguientes análisis:

1. Resistencia a la compresión paralela al grano.
2. Resistencia a la compresión perpendicular al grano.
3. Resistencia a la tracción paralela al grano.
4. Resistencia a la flexión.
5. Resistencia al corte paralelo al grano.

Las maderas objeto de estudio, corresponden a:

- Sapan
- Maqui
- Abarco
- Eucalipto
- Pino

4. Propiedades físico mecánicas de las maderas comercializadas en el municipio de Ocaña (N. STD.)

4.1 Caracterizar la madera comercializada en el municipio de Ocaña (N. STD), utilizando las normas técnicas colombianas y la NSR-10 para conocer cuáles son estructural y no estructural.

Para lograr este objetivo, se parte de la premisa de que nos enfocamos exclusivamente en las maderas disponibles dentro del municipio de Ocaña, sin considerar ninguna fuente de suministro externa. En primera instancia, se determina la población, la zona geográfica, el sector o el bloque de actividad que ofrecen la mayor cantidad de información sobre la distribución de la madera en el municipio. A partir de esta información, identificamos los puntos de venta de madera y los visitamos para recopilar un listado de las variedades de madera que se comercializan en cada uno de ellos. Fue elaborada una tabla que consolida la información sobre lugar donde se distribuye, la madera, su tipo y su clasificación según la norma NSR-10 y el Manual de Madera de Colombia.

Tabla 1

Información del Aserrío Maderas el Cedro.

Aserrío Maderas el Cedro				
Propietario:		Ludy Ramírez Ramírez		
Ubicación:		Ciudadela Norte, Call 7#56-218B, Líbano		
Madera tipo estructural				
No	**Nombre Vulgar**	**Nombre Científico**	**Grupo según NSR-10**	**Lugar de Ext**
1	Sapan	Clathrotropis Brachypetala	ES2	Sur de Bolívar
2	Maqui	Apuleia SP	ES3	Sur de Bolívar
3	Abarco	Cariniana Pyriformis Miers	ES4	Catatumbo
4	Morito	Chlorophora Tinctoria	ES4	Sur de Bolívar
5	Perillo Blanco	Himatanthus Articulata	ES4	Sur de Bolívar
6	Eucalipto	Eucalyptus Globulus	ES5	Catatumbo
7	Roble Flormorado	Erisma Uncinatum	ES5	Aguachica
Madera tipo no estructural				
No	**Nombre Vulgar**	**Nombre Científico**	**Referencia**	**Lugar de Ext**
1	Caracolí	Anacardium excelsum	Madera de Colombia	Aguachica
2	Cedro	Cedrela odorata	Madera de Colombia	Catatumbo
3	Ceiba	Ceiba Pentandra	Maderas de Colombia	Catatumbo
4	Caraño	Dacryodes colombiana	Maderas de Colombia	Catatumbo

Tabla 2

Información Aserrío El Caracolí.

Aserrío El Caracolí				
	Propietario:		José Nain Prado	
	Ubicación:		Call 6 #27-80	
		Madera tipo no estructural		
No	**Nombre Vulgar**	**Nombre Científico**	**Referencia**	**Lugar de Ext**
1	Cedro	Cedrela odorata	Maderas de Colombia	Sur de Bolívar
2	Cedro Macho	Bombacopsia guinta	Maderas de Colombia	Sur de Bolívar

Tabla 3

Información Aserrío San José.

Aserrío San José				
	Propietario:		Freyman Orado Carrascal	
	Ubicación:		Carr 49 # 3-06	
		Madera tipo estructural		
No	**Nombre Vulgar**	**Nombre Científico**	**Grupo según NSR-10**	**Lugar de Ext**
1	Sapan	Clathrotropis Brachypetala	ES2	Sur de Bolívar
2	Maqui	Apuleia SP	ES3	Sur de Bolívar
3	Abarco	Cariniana Pyriformis Miers	ES4	Catatumbo
4	Morito	Chlorophora Tinctoria	ES4	Sur de Bolívar
5	Perillo Blanco	Himatanthus Articulata	ES4	Sur de Bolívar
6	Eucalipto	Eucalyptus Globulus	ES5	Catatumbo
7	Roble Flormorado	Erisma Uncinatum	ES5	Aguachica
		Madera tipo no estructural		
No	**Nombre Vulgar**	**Nombre Científico**	**Referencia**	**Lugar de Ext**
1	Caracolí	Anacardium excelsum	Madera de Colombia	Aguachica
2	Cedro	Cedrela odorata	Madera de Colombia	Catatumbo
3	Ceiba	Ceiba Pentandra	Maderas de Colombia	Catatumbo
4	Caraño	Dacryodes colombiana	Maderas de Colombia	Catatumbo

Tabla 4

Información Aserrío La Cierra.

Aserrío La Sierra				
	Propietario:		Idail Pérez	
	Ubicación:		Circunvalar Lote 3	
Madera tipo estructural				
No	**Nombre Vulgar**	**Nombre Científico**	**Grupo según NSR-10**	**Lugar de Ext**
1	Sapan	Clathrotropis Brachypetala	ES2	Sur de Bolívar
2	Maqui	Apuleia SP	ES3	Sur de Bolívar
3	Abarco	Cariniana Pyriformis Miers	ES4	Catatumbo
4	Morito	Chlorophora Tinctoria	ES4	Sur de Bolívar
5	Perillo Blanco	Himatanthus Articulata	ES4	Sur de Bolívar
6	Eucalipto	Eucalyptus Globulus	ES5	Catatumbo
7	Roble Flormorado	Erisma Uncinatum	ES5	Aguachica
Madera tipo no estructural				
No	**Nombre Vulgar**	**Nombre Científico**	**Referencia**	**Lugar de Ext**
1	Caracolí	Anacardium excelsum	Madera de Colombia	Aguachica
2	Cedro	Cedrela odorata	Madera de Colombia	Catatumbo
3	Ceiba	Ceiba Pentandra	Maderas de Colombia	Catatumbo
4	Caraño	Dacryodes colombiana	Maderas de Colombia	Catatumbo

Tabla 5

Información Aserrío El Manzano.

Aserrío Multimaderas el Manzano				
Propietario:			Yeison Manzano	
Ubicación:			Call 7 #42-11, Barrio la Gloria	
Madera tipo estructural				
No	**Nombre Vulgar**	**Nombre Científico**	**Grupo según NSR-10**	**Lugar de Ext**
1	Sapan	Clathrotropis Brachypetala	ES2	Sur de Bolívar
2	Maqui	Apuleia SP	ES3	Sur de Bolívar
3	Abarco	Cariniana Pyriformis Miers	ES4	Catatumbo
4	Morito	Chlorophora Tinctoria	ES4	Sur de Bolívar
5	Perillo Blanco	Himatanthus Articulata	ES4	Sur de Bolívar
6	Hediondo	Piptadenia rigida	ES4	Sur de Bolívar
7	Eucalipto	Eucalyptus Globulus	ES5	Catatumbo
8	Roble Flormorado	Erisma Uncinatum	ES5	Aguachica
9	Teca	Tectona grandis	ES6	San Alberto, San Martín
10	Pino patula	Pinus patula schlecht	ES6	Alrededores de Ocaña
Madera tipo no estructural				
No	**Nombre Vulgar**	**Nombre Científico**	**Referencia**	**Lugar de Ext**
1	Caracolí	Anacardium excelsum	Junta de acuerdo de Cartagena	Aguachica
2	Cedro	Cedrela odorata	Maderas de Colombia	Sur de Bolívar
3	Cedro Macho	Bombacopsia guinta	Maderas de Colombia	Sur de Bolívar
4	Ceiba	Ceiba Pentandra	Maderas de Colombia	Catatumbo
5	Carreto	Aspidosperma dugandil	Maderas de Colombia	Sur de Bolívar
6	Virola	Virola sebifera	Junta de acuerdo de Cartagena	Sur de Bolívar
7	Acacia	Acancia melanioxyion	Maderas de Colombia	Cesar
8	Aceite mario	Calophylio mariae	Maderas de Colombia	Chocó
9	Piñon o camajon	Sterculia apetala	Maderas de Colombia	Cesar, Sur de Bolívar
10	Caoba	Swietenia macrophy	Maderas de Colombia	Cesar, Sur de Bolívar
11	Nogal	Codia alliodora	Maderas de Colombia	Cierra de Abrego
12	Sangre toro - pategallo	Virola parvifolia	Maderas de Colombia	Sur de Bolívar
13	Caraño	Dacryodes colombiana	Maderas de Colombia	Catatumbo

Posterior a identificar las diversas maderas ofrecidas por cada aserrío, se seleccionaron cinco tipos de madera, teniendo en cuenta su disponibilidad y la facilidad con la que la mayoría de los distribuidores podían proporcionarlas. A pesar de que algunos sitios tenían un amplio catálogo de maderas, muchas de ellas solo estaban disponibles bajo pedido, lo que en realidad significaba que sólo teníamos a nuestra disposición los cinco tipos de madera que se detallan a continuación. Ver Tabla 6.

Tabla 6

Listado de maderas estructurales escogidas para el uso en la tesis.

	Madera tipo estructural			
No	**Nombre Vulgar**	**Nombre Científico**	**Grupo según NSR-10**	**Lugar de Ext**
1	Sapan	Clathrotropis Brachypetala	ES2	Sur de Bolívar
2	Maqui	Apuleia SP	ES3	Sur de Bolívar
3	Abarco	Cariniana Pyriformis Miers	ES4	Catatumbo
4	Eucalipto	Eucalyptus Globulus	ES5	Catatumbo
5	Pino patula	Pinus patula schlecht	ES6	Alrededores de Ocaña

Siguiendo las recomendaciones establecidas en el

"Manual de Prácticas Académicas de Resistencia de Materiales de la UFPSO" y en consulta con el Dr Nelson Afanador García, se ha acordado el uso de tres probetas por ensayo, lo que suma un total de setenta y cinco probetas para los siguientes procedimientos:

- Resistencia a la compresión paralela al grano.

- Resistencia a la compresión perpendicular al grano.
- Resistencia a la tracción paralela al grano.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia al corte paralelo al grano.

Este enfoque cumple con las directrices del manual y garantiza un riguroso proceso de prueba y análisis.

A continuación, se presenta un mapa detallado de la ciudad de Ocaña que facilita la ubicación geográfica de los cinco aserríos que fueron visitados para poder realizar el estudio, y que proporcionaron los datos necesarios para realizar la caracterización, ver Figura 1, luego se presenta un registro fotográfico de cada uno de los aserríos para mejorar su identificación.

Figura 1

Mapa del municipio de Ocaña donde se aprecian los Aserríos visitados para la recolección de la información. Adaptado de (Google, 2022).

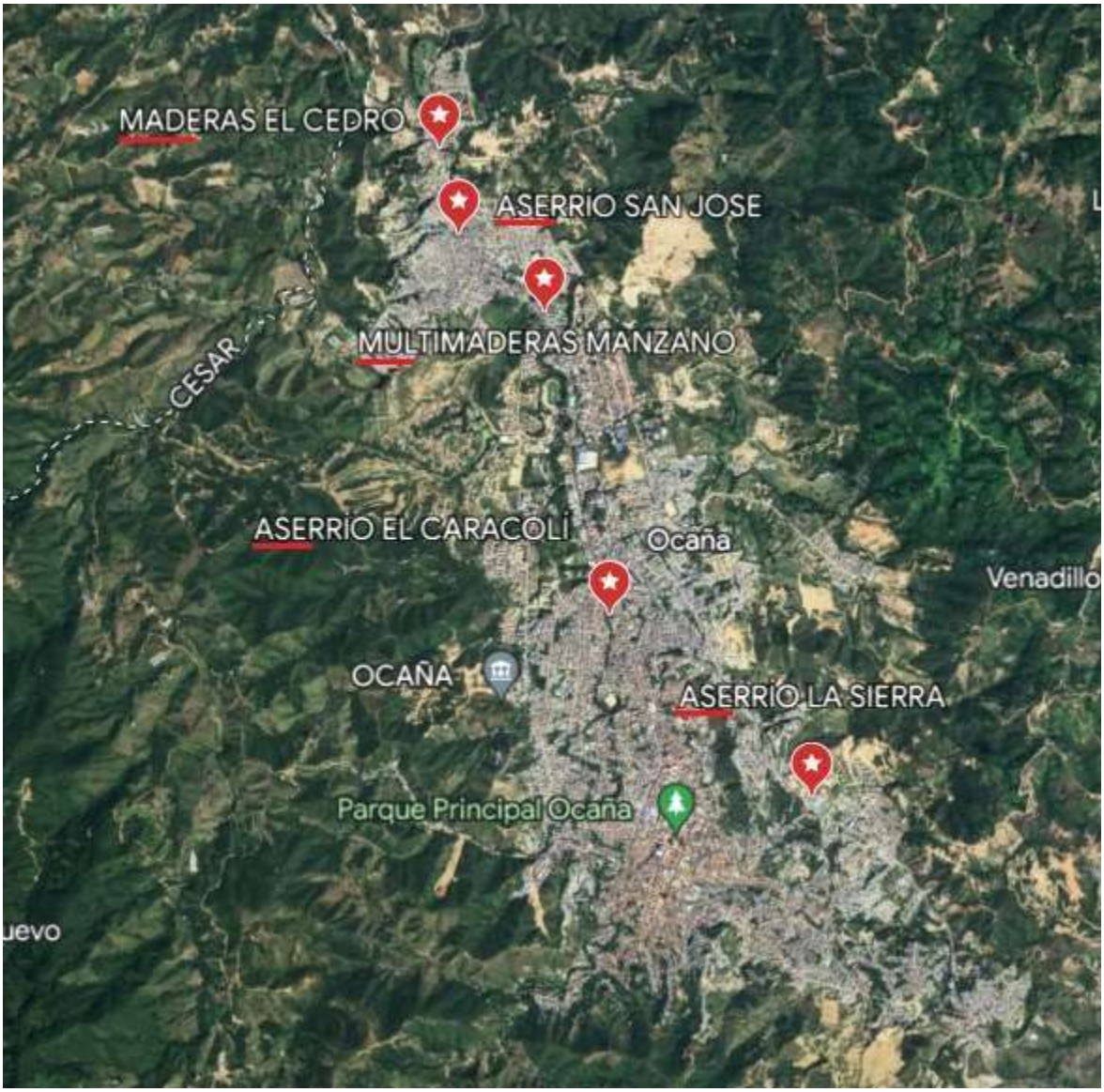


Figura 2

Aserrío Madreas el Cedro



Figura 3

Aserrío San José



Figura 4

Aserrío Multimaderas Manzano



Figura 5

Aserrío Caracolí



Figura 6

Aserrío La Sierra



4.2 Determinar las propiedades físico mecánicas de la madera de tipo estructural comercializada en Ocaña, por medio de ensayos de laboratorio y compararlos con los valores establecidos en la NSR-10.

A continuación, se presenta la metodología de obtención de datos correspondiente a una de las probetas para cada ensayo de caracterización; los demás datos se detallan en los anexos adjuntos. Para un mejor entendimiento se presenta una tabla en donde explica el nombre de cada una de las probetas.

Tabla 7

Asignación de nombres para las probetas

Nombre de probetas		
Nomenclatura 1	**Nomenclatura 2**	**Nomenclatura 3**
FC = esfuerzo admisible a compresión paralela	**S** = sapan	Se establece el número de la probeta los cuales van desde el 01 al 03
FP= esfuerzo admisible a compresión perpendicular a la fibra	**M** = maqui	
FT = esfuerzo admisible a tensión paralela a la fibra	**A** = abarco	
FB = esfuerzo admisible a flexión	**E** = eucalipto	
FV = esfuerzo admisible a cortante paralelo a la fibra	**P** = pino patula	

La combinación de las nomenclaturas presentes en la Tabla 7 da como resultado el nombre que se le asigna a cada probeta para los ensayos, un ejemplo de esto sería **FV-A-03** la cual permite saber que se está hablando del ensayo de corte paralelo a fibra en la madera abarco para la probeta 03.

4.2.1 Resistencia a la compresión paralela al grano en madera.

Para la compresión paralela al grano se ensayaron tres probetas de Abarco, tres probetas de Maqui, tres probetas Pino Patula, tres probetas de Sapan y tres probetas de Eucalipto. Siendo un total de 15 probetas de madera. Cada probeta se ensayó de acuerdo al procedimiento descrito en las Normas técnicas Colombianas NTC 784 (Maderas. Determinación de la resistencia a la compresión axial o paralela al grano) y el MANUAL DE PRACTICAS ACADÉMICAS RESISTENCIA DE MATERIALES de la UFPSO, se muestran los cálculos de la probeta FC-S-03 del tipo de madera Sapan.

Los datos obtenidos son suministrados por el laboratorio resistencia de materiales al utilizar la maquina universal PINZUAR LTDA de forma electrónica y son más de 116 filas de datos por probeta/ensayo por lo que los datos se encuentran en su totalidad en los anexos.

La información de la probeta se encuentra en la Figura 7, la determinación de los parámetros necesarios se realiza empleando las ecuaciones y procedimientos establecidos en la NTC 784 que se describen a continuación.

Figura 7

Formato 16, Resistencia a la compresión axial o paralela al grano en madera. Fuente: Manual de Practicas Académicas Resistencia de Materiales, 2022

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

RESISTENCIA A LA COMPRENSIÓN AXIAL O PARALELA AL GRANO EN MADERA

Nombre científico:	Clathrotropis Brachypetala	**Probeta N°: FC-S-03**
Familia:	Fabaceae	
Nombre vulgar:	Sapan	
Observaciones:		**Fecha: 25/08/2023**

Condición:	Seca	
Datos del contenido de humedad		
Peso inicial:	51	g
Peso seco al horno:	48	g
Contenido de humedad:	6,25	%
Datos de la probeta		
Peso:	478	g
Espesor:	5,14	cm
Ancho:	5,21	cm
Área de la sección transversal:	26,78	cm^2
Longitud:	19,97	cm
Volumen:	534,79	cm^3
Densidad de la probeta húmeda:	0,894	g/cm^3
Carga máxima:	17800	daN
Carga al límite proporcional:	14330	daN
L deflectómetro:	15	cm
Deformación al límite proporcional:	0,064	cm

Forma de la falla



Resultados

Resistencia al límite proporcional:	448,85	daN/cm^2
Resistencia máxima:	664,69	daN/cm^2
Módulo de elasticidad:	143862,97	daN/cm^2

La resistencia máxima a la rotura por compresión axial ($\boldsymbol{s}$ = $c// máx.$) se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ec 1

$$\sigma = C// máx = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\sigma\ c//máx$ = resistencia máxima a la rotura, en daN/cm².

P = carga máxima soportada por la probeta, en daN.

S = superficie de la sección transversal de la probeta en cm².

Para la probeta FC-S-03 tenemos:

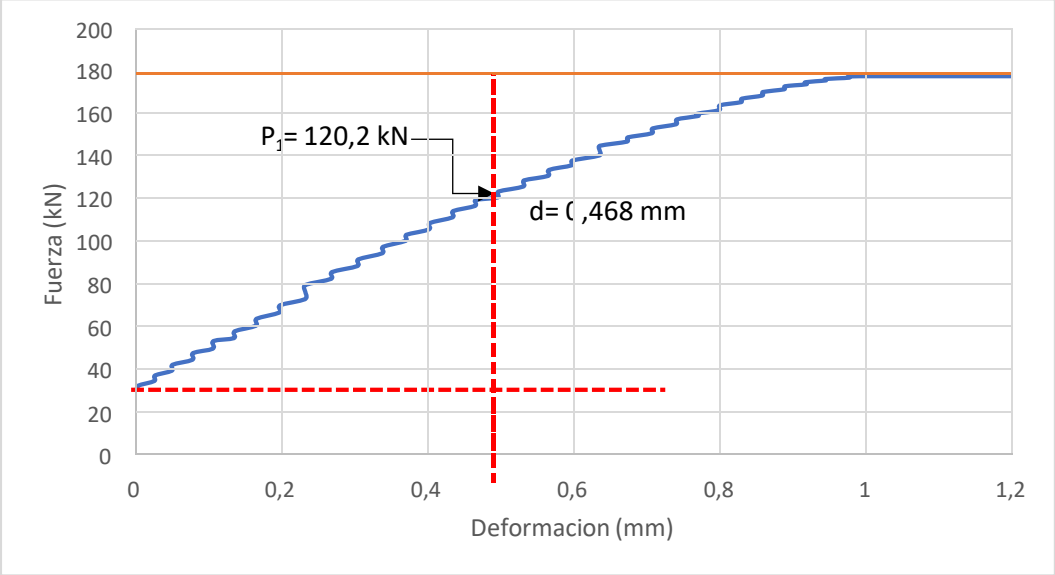
- Carga máxima soportada por la probeta (P)

P = 17.800 daN (valor máximo de carga tomado de la gráfica Fuerza vs. Deformación generada por el software de la maquina universal PINZUAR LTDA, se marca con la línea horizontal en el gráfico, ver Figura 8)

Figura 8

Gráfico Fuerza vs Deformación, ensayo compresión axial o paralela al grano en madera.

Fuente: Autores, 2023.



Superficie de la sección transversal de la probeta (S)

La superficie de la sección transversal de la probeta se calcula a partir de los datos de ancho y espesor, los cuales fueron medidos tres veces cada uno, los promedios de cada medida son presentados a continuación:

Ancho promedio = 5,21 cm.

Espesor promedio = 5,14 cm.

Tratándose de una sección rectangular, la superficie de la sección transversal se calcula así:

Ec 2

$$S = ancho\ promedio * espesor\ promedio$$

Luego, la superficie de la sección transversal (S):

S = (5,21) *(5,14) = 26,78 cm².

Por tanto, la resistencia máxima a la rotura ($\boldsymbol{s}\ c//máx.$) es:

$$\sigma\ c//\text{máx.} = \frac{17.800}{26,78}$$

$\sigma\ c//máx.$ = 664,69 daN/cm².

La resistencia en el límite proporcional a la compresión axial ($\boldsymbol{s}\ c//\ limite\ proporcional$) se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ec 3

$$\sigma\ c//límite\ proporcional. = \frac{P_1}{S}$$

Donde:

$\sigma\ c// \ limite\ proporcional$ = resistencia en el límite proporcional, en daN/cm².

P_1 = carga soportada por la probeta en el límite proporcional en daN.

S = superficie de la sección transversal de la probeta en cm².

Para la probeta FC-S-03 tenemos:

Carga soportada por la probeta en el límite proporcional (P_1)

P_1 = 12.020 daN (fuerza correspondiente a la carga ejercida hasta que se alcanza el límite proporcional, se determina el punto en el cual termina la parte recta y comienza la parte curva del gráfico, la cual se encuentra marcado con una línea roja punteada, tomada de la Figura 8).

Por lo tanto, la resistencia en el límite de proporcional a la compresión axial (**s** $c// \ limite\ proporcional$) es:

$$\sigma\ c//límite\ proporcional. = \frac{12.020}{26{,}78}$$

$c// \ limite\ proporcional$ = 448.85 daN/cm².

El módulo de elasticidad ($Ec/\!/$) se calcula con la aplicando la siguiente ecuación:

Ec 4

$$\text{Ec}\ //= \frac{L * P_1}{S * d}$$

Donde:

$Ec/\!/$ = módulo de elasticidad de la madera ensayada, en daN/cm².

P_1 = carga en el límite proporcional, en daN.

L = distancia entre las abrazaderas del extensómetro, en cm.

S = superficie de la sección transversal de la probeta calculada antes del ensayo, en cm².

d = deformación experimentada por la probeta en el límite proporcional, en cm.

P_1 = 12.020 daN

L = 15 cm

S = 26,78 cm²

d = 0,0468 cm (para la fuerza este sería el valor de su deformación según los daros entregados por la maquina universal PINZUAR LTDA).

Por tanto, el módulo de elasticidad de la madera ($Ec//$) es:

$$\text{Ec } // = \frac{(15)(12.020)}{(26{,}78)(0{,}0468)}$$

$Ec//$ = 143.862,97 daN/cm^2

El contenido de humedad (W) se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ec 5

$$W = [\frac{(m_1 - m_2)}{m_2}] * 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad

m_1 = Masa de la probeta antes del secado, en g.

m_2 = Masa de la probeta después del secado, en g.

Para esta probeta tenemos:

m_1 = 51 g

m_2 = 48 g

$$W = [\frac{(51 - 48)}{48}] * 100$$

W = 6,25 %

Los cálculos mencionados previamente se llevan a cabo de manera individual para cada una de las probetas sometidas a ensayo.

A continuación, se muestra en la Tabla 8, la información que resume los resultados derivados de las pruebas de compresión axial llevadas a cabo en las muestras de madera Sapan.

Tabla 8

Resumen de los resultados en los de ensayo compresión axial en muestras de Sapan.

Resultados	Probetas			Promedio
	FC-S-01	FC-S-02	FC-S-03	
Resistencia al límite proporcional kg/cm^2	477,36	589,43	457,69	537,48
Resistencia máxima kg/cm^2	695,49	767,43	677,79	713,57
Módulo de elasticidad kg/cm^2	246.062,71	199.132,21	146.699,4	191.161,88

Los resultados presentes en la Tabla 8 se convierten de daN/cm^2 a kg/cm^2 para llevarlos a unidades más comerciales y que se interpretan mucho mejor. El siguiente ítem trata de la resistencia a la compresión perpendicular al grano.

Referencias normativas:

- Normas técnicas colombianas NTC 206 (Maderas. Determinación de la humedad).
- Normas técnicas colombianas NTC 787 (Maderas. Selección y colección de muestras para ensayos físicos y mecánicos).
- Normas técnicas colombianas NTC 790 (Acondicionamiento de las maderas a los ensayos físicos y mecánicos).
- Normas técnicas colombianas NTC 944 (Maderas. Determinación de la tracción paralela al grano).
- Normas técnicas colombianas NTC 301 (Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera).

4.2.2 Resistencia a la compresión perpendicular al grano en madera

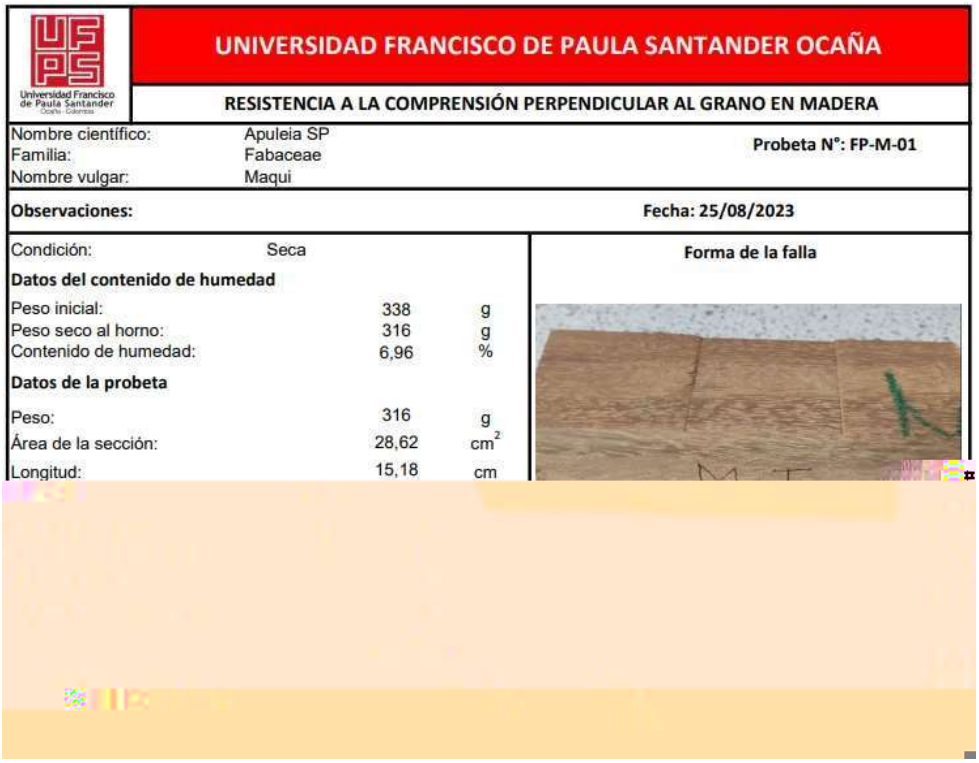
Para la compresión paralela al grano se ensayaron tres probetas de Abarco, tres probetas de Maqui, tres probetas Pino Patula, tres probetas de Sapan y tres probetas de Eucalipto. Siendo un total de 15 probetas de madera. Cada probeta se ensayó de acuerdo al procedimiento descrito en las Normas técnicas Colombianas NTC 785 (Maderas. Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular al grano) y el MANUAL DE PRACTICAS ACADÉMICAS RESISTENCIA DE MATERIALES de la UFPSO, se muestran los cálculos de la probeta FP-M-01 del tipo de madera Maqui.

Los datos obtenidos son suministrados por el laboratorio resistencia de materiales al utilizar la maquina universal PINZUAR LTDA de forma electrónica y son más de 4.400 filas con 8 columnas de datos por probeta/ensayo por lo que los datos se encuentran en su totalidad en los anexos.

La información de la probeta se encuentra en la Figura 9, la determinación de los parámetros necesarios se realiza empleando las ecuaciones y procedimientos establecidos en la NTC 784 que se describen a continuación.

Figura 9

Formato 17, Resistencia a la compresión perpendicular al grano en madera. Fuente: Manual de Practicas Académicas Resistencia de Materiales, 2022



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

RESISTENCIA A LA COMPRENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO EN MADERA

Nombre científico:	Apuleia SP	**Probeta N°: FP-M-01**
Familia:	Fabaceae	
Nombre vulgar:	Maqui	

Observaciones: **Fecha: 25/08/2023**

Condición:	Seca	
Datos del contenido de humedad		
Peso inicial:	338	g
Peso seco al horno:	316	g
Contenido de humedad:	6,96	%
Datos de la probeta		
Peso:	316	g
Área de la sección:	28,62	cm^2
Longitud:	15,18	cm

Forma de la falla

La resistencia en el límite proporcional se calcula aplicando la siguiente ecuación:

Ec 6

$$\sigma = c \perp = \frac{P_1}{S}$$

σ = Resistencia en el límite proporcional en daN/cm^2

P_1 = Carga en el límite proporcional, en daN

S = Superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión, en cm^2

La superficie impresa se calcula aplicando la siguiente ecuación:

Ec 7

$$S = a * a'$$

Donde:

a = Ancho de la probeta, en cm.

a' = Ancho del prisma recto, en cm.

Luego, la superficie (S) impresa sobre la probeta:

S = (5,4) (5) = 27 cm^2.

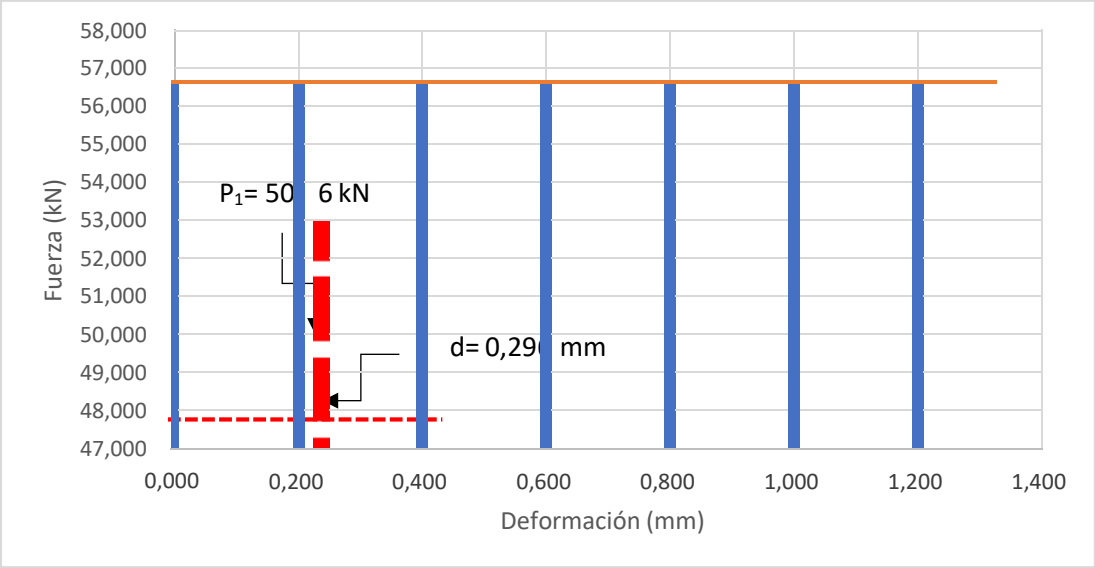
Resistencia en el límite proporcional

Para establecer la carga en el límite proporcional utilizamos la gráfica fuerza vs deformación generada por el Software de la máquina universal PINZUAR LTDA de ensayo a través de los datos obtenidos con el extensómetro, ver Figura 10.

Figura 10

Gráfico Fuerza vs Deformación, ensayo compresión axial o paralela al grano en madera.

Fuente: Autores, 2023.



El límite de proporcionalidad corresponde a una fuerza P_1 de 50,46 kN, o 50.460 daN, para obtener este valor se determina el punto en el cual termina la parte recta y comienza la parte curva del gráfico, la cual se encuentra marcado con una línea roja punteada y a una deformación de 0,296 mm.

Resistencia en el límite proporcional

$$\sigma = c \perp = \frac{50460}{27}$$

$\sigma = c \perp = 1.868{,}89$ daN/cm^2

Calculamos resistencia a una deformación del 1% del espesor de la probeta ($\sigma = c \perp 1\%$) usando la siguiente ecuación:

Ec 8

$$\sigma = c \perp 1\% = \frac{P_1}{S}$$

Donde:

$\sigma = c \perp 1\%$ = Resistencia a una deformación del 1% del espesor de la probeta, en daN/cm^2

P = Carga en el 1% de deformación del espesor de la probeta, en daN.

S = Superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión, en cm^2

$$\sigma = c \perp 1\% = \frac{48260}{27}$$

$\sigma = c \perp 1\%$= 1.787,41 daN/cm^2

Contenido de humedad

Ec 9

$$W = [\frac{(m_1 - m_2)}{m_2}] * 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad

m_1 = Masa de la probeta antes del secado, en g.

m_2 = Masa de la probeta después del secado, en g.

Para esta probeta tenemos:

m_1 = 338 g

m_2 = 316 g

Luego el contenido de humedad (*W)* de la probeta:

$$W = [\frac{(338 - 316)}{316}] * 100$$

W = 6,96 %

Los cálculos mencionados previamente se llevan a cabo de manera individual para cada una de las probetas sometidas a ensayo.

A continuación, se muestra en la Tabla 9, la información que resume los resultados derivados de las pruebas de compresión perpendicular al grano llevadas a cabo en las muestras de madera Maqui.

Tabla 9

Resumen de los resultados en los de ensayo compresión perpendicular al grano en muestras de Maqui.

RESULTADOS	PROBETAS			PROMEDIO
	FP-M-01	FP-M-02	FP-M-03	
Resistencia al límite proporcional: kgf/cm²	1.905,74	1.208,84	1.751,92	1.622,17
Resistencia al 1% de deformación: kgf/cm²	1.822,65	559,77	1.596,92	1.326,45

Los resultados presentes en la Tabla 9 se convierten de daN/cm^2 a kg/cm^2 para llevarlos a unidades más comerciales y que se interpretan mucho mejor. El siguiente ítem trata de la resistencia a la tracción paralela al grano en madera.

Referencias normativas:

- Normas técnicas colombianas NTC 206 (Maderas. Determinación de la humedad).
- Normas técnicas colombianas NTC 787 (Maderas. Selección y colección de muestras para ensayos físicos y mecánicos).
- Normas técnicas colombianas NTC 790 (Acondicionamiento de las maderas a los ensayos físicos y mecánicos).
- Normas técnicas colombianas NTC 785 (Maderas. Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular al grano).
- Normas técnicas colombianas NTC 663 (Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión).
- Normas técnicas colombianas NTC 301 (Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera).

4.2.3 Resistencia a la tracción paralela al grano en madera

Para la compresión paralela al grano se ensayaron tres probetas de Abarco, tres probetas de Maqui, tres probetas Pino Patula, tres probetas de Sapan y tres probetas de Eucalipto. Siendo un total de 15 probetas de madera. Cada probeta se ensayó de acuerdo al procedimiento descrito en las Normas técnicas Colombianas NTC 944 (Maderas. Determinación de la tracción paralela al grano) y el MANUAL DE PRACTICAS ACADÉMICAS RESISTENCIA DE MATERIALES de la UFPSO, se muestran los cálculos de la probeta FT-A-01 del tipo de madera Abarco.

Los datos obtenidos son suministrados por el laboratorio resistencia de materiales al utilizar la maquina universal PINZUAR LTDA de forma electrónica y son más de 800 filas con 11 columnas de datos por probeta/ensayo por lo que los datos se encuentran en su totalidad en los anexos.

La información de la probeta se encuentra en la

Figura 11Figura 7, la determinación de los parámetros necesarios se realiza empleando las ecuaciones y procedimientos establecidos en la NTC 944 que se describen a continuación.

Figura 11

Formato 18, Resistencia a la tracción paralela al grano en madera. Fuente: Manual de Practicas Académicas Resistencia de Materiales, 2022

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA AL GRANO EN MADERA

Nombre científico:	Cariniana pyriformisa miers	**Probeta N°: FT-A-01**
Familia:	Lecythidaceae	
Nombre vulgar:	Abarco	
Observaciones:		**Fecha: 25/08/2023**

Condición:	SECA	
Datos del contenido de humedad		
Peso inicial:	1	g
Peso seco al horno:	1	g
Contenido de humedad:	0	%
Datos de la probeta		
Espesor promedio:	0,942	cm
Ancho promedio:	0,433	cm
Carga máxima:	5800	N
Área mínima:	0,41	cm^2
Luz entre las cuchillas (extensómetro)	4,96	cm
Carga al límite de proporcionalidad:	4460	N
Deformación al límite proporcional:	0,0393	cm

Forma de la falla



Resultados

Esfuerzo de las fibras al límite (ELP):	10934,43	N/cm^2
Esfuerzo máximo (EM):	14219,66	N/cm^2
Módulo de elasticidad (MOE):	1380019,38	N/cm^2

Esfuerzo unitario máximo (EM) se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ec 10

$$EM = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM = Esfuerzo unitario máximo, en N/cm^2

P = Carga máxima soportada por la probeta, en N.

A = Área de la sección mínima de la probeta, en cm^2

P = 5.800 N (valor máximo de carga tomada de la gráfica Fuerza vs Tiempo generada por el software de la maquina universal PINZUAR LTDA, ver Figura 12)

Figura 12

Gráfico Fuerza vs Tiempo, ensayo de tracción paralela en madera. Fuente: Autores, 2023.



Área de la sección mínima de la probeta (*A*)

Ancho mínimo = 0,433 cm.

Espesor mínimo = 0,942 cm.

Ec 11

$$A = ancho\ min * espesor\ min$$

A = 0,433* 0,942= 0,40789 cm^2

Por lo tanto, el esfuerzo unitario máximo (EM):

$$EM = \frac{5.800}{0{,}40789}$$

$$EM = 14219{,}66\ cm^2$$

Se calcula el esfuerzo unitario al límite de proporcionalidad (ELP):

Ec 12

$$ELP = \frac{P_1}{A}$$

Donde:

ELP = Esfuerzo unitario al límite de proporcionalidad, en N/cm^2

P_1 = Carga al límite de proporcionalidad, en N.

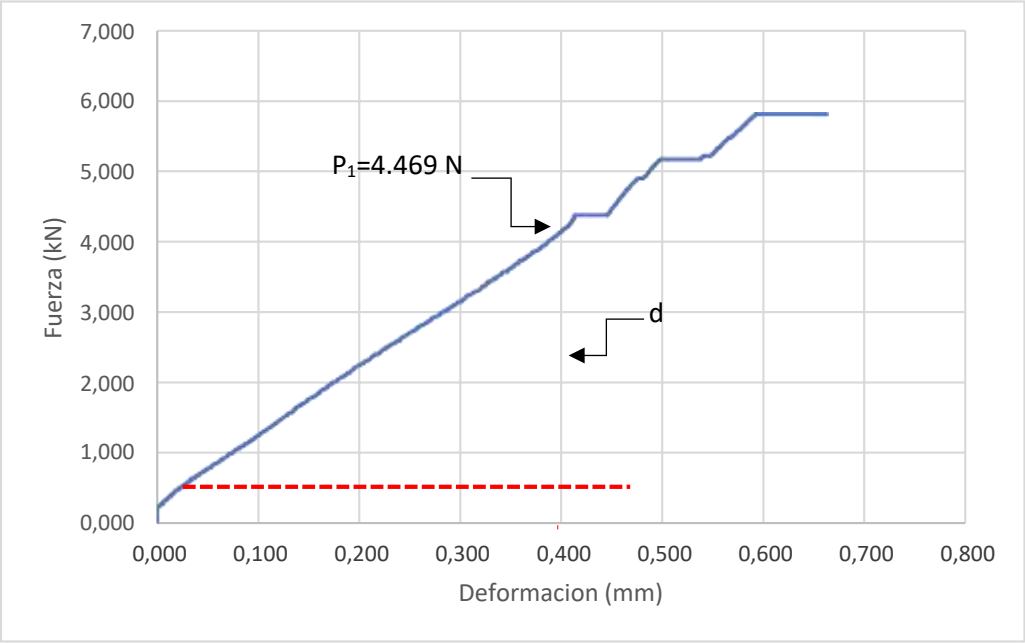
A = Área de la sección mínima de la probeta, en cm^2

P_1 = 4.460 N (esta fuerza corresponde a la carga con la cual el esfuerzo alcanza el límite proporcional, tomada de la gráfica Fuerza vs Deformación, ver Figura 13).

El límite de proporcionalidad corresponde a una fuerza P_1 de 4,46 kN, o 446 daN, para obtener este valor se determina el punto en el cual termina la parte recta y comienza la parte curva del gráfico, la cual se encuentra marcado con una línea roja punteada y a una deformación de 0,393 mm.

Figura 13

Fuerza vs Deformación, ensayo de tracción paralela en madera. Fuente: Autores, 2023.



Por lo tanto:

$$ELP = \frac{4.460}{0{,}41}$$

$$ELP = 10.934{,}43 \text{ N/cm}^2$$

El módulo de elasticidad (MOE) se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ec 13

$$MOE = \frac{P_2 * l}{A * d}$$

Donde:

MOE = Modulo de elasticidad, en N/cm^2

P_2 = Fuerza correspondiente a la deformación d, en o debajo del límite de proporcionalidad, en N. El límite de proporcionalidad corresponde a una fuerza P_1 de 4,46 kN, o 446 daN, para obtener este valor se determina el punto en el cual termina la parte recta y comienza la parte curva del gráfico, la cual se encuentra marcado con una línea roja punteada y a una deformación de 0,393 mm.

l = Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del extensómetro, en cm, ver Figura 14.

A = Área de la sección mínima de la probeta, en cm.

d = Deformación de la probeta, en cm.

$$MOE = \frac{4460 * 4{,}96}{0{,}41 * 0{,}0393}$$

MOE = 1.380.019,38 N/cm^2

Figura 14

Mordazas para el ensayo. Fuente: Normas técnicas colombianas NTC 944 (Maderas. Determinación de la tracción paralela



Contenido de humedad

Ec 14

$$W = [\frac{(m_1 - m_2)}{m_2}] * 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad

m_1 = Masa de la probeta antes del secado, en g.

m_2 = Masa de la probeta después del secado, en g.

Para esta probeta tenemos:

m_1 = 1 g

m_2 = 1 g

$$W = [\frac{(1-1)}{1}] * 100$$

W = 0%

A continuación, se muestra en la Tabla 10, la información que resume los resultados derivados de las pruebas de tensión llevadas a cabo en las muestras de madera Abarco.

Tabla 10

Resumen para los resultados en los ensayos de tracción paralela en muestras de Abarco.

Resultados	Probetas			Promedio
	FT-A-01	**FT-A-02**	**FT-A-03**	
Esfuerzo de las fibras al límite (ELP) kg/cm^2	1.115,92	1.087,52	1.002,29	1.068,58
Esfuerzo máximo (EM): kg/cm^2	1.450	1.274,46	1.185,46	1.303,31
Módulo de elasticidad (MOE) kg/cm^2	140.722,813	55.839,53	73.650,08	90.070,81

Los resultados presentes en la Tabla 10 se convierten de N/cm^2 a kg/cm^2 para llevarlos a unidades más comerciales y que se interpretan mucho mejor. El siguiente ítem trata de la resistencia a la flexión en madera.

Referencias normativas:

- Normas técnicas colombianas NTC 206 (Maderas. Determinación de la humedad).
- Normas técnicas colombianas NTC 787 (Maderas. Selección y colección de muestras para ensayos físicos y mecánicos).
- Normas técnicas colombianas NTC 790 (Acondicionamiento de las maderas a los ensayos físicos y mecánicos).
- Normas técnicas colombianas NTC 944 (Maderas. Determinación de la tracción paralela al grano).
- Normas técnicas colombianas NTC 301 (Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera).

4.2.4 Resistencia a la flexión en madera

Para la compresión paralela al grano se ensayaron tres probetas de Abarco, tres probetas de Maqui, tres probetas Pino Patula, tres probetas de Sapan y tres probetas de Eucalipto. Siendo un total de 15 probetas de madera. Cada probeta se ensayó de acuerdo al procedimiento descrito en las Normas técnicas Colombianas NTC 663 (Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión) y el MANUAL DE PRACTICAS ACADÉMICAS RESISTENCIA DE MATERIALES de la UFPSO, se muestran los cálculos de la probeta FB-P-03 del tipo de madera Pino Patula.

Los datos obtenidos son suministrados por el laboratorio resistencia de materiales al utilizar la maquina universal PINZUAR LTDA de forma electrónica y son más de 900 filas con 10 columnas de datos por probeta/ensayo por lo que los datos se encuentran en su totalidad en los anexos.

La información de la probeta se encuentra en la Figura 15Figura 7, la determinación de los parámetros necesarios se realiza empleando las ecuaciones y procedimientos establecidos en la NTC 663 que se describen a continuación.

Figura 15

Formato 19, Resistencia a la flexión en madera. Fuente: Manual de Practicas Académicas Resistencia de Materiales, 2022

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN MADERA

Nombre científico:	Pinus Patula Schlecht	**Probeta N°: FB-P-03**
Familia:	Pina Ceae	
Nombre vulgar:	Pino Patula	
Observaciones:		**Fecha: 25/08/2023**
Condición:	Seca	**Forma de la falla**
Datos del contenido de humedad		
Peso inicial:	40 g	
Peso seco al horno:	36 g	
Contenido de humedad:	11,11 %	
Datos de la probeta		
Ancho promedio:	2 cm	
Espesor promedio:	2 cm	
Carga máxima de rotura:	1150 N	
Luz entre soportes:	36 cm	



Resultados

Resistencia máxima de rotura: 7762,50 N/cm^2

La resistencia a la flexión ($\sigma\ máx$) se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ec 15

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3PL}{2a * e^2}$$

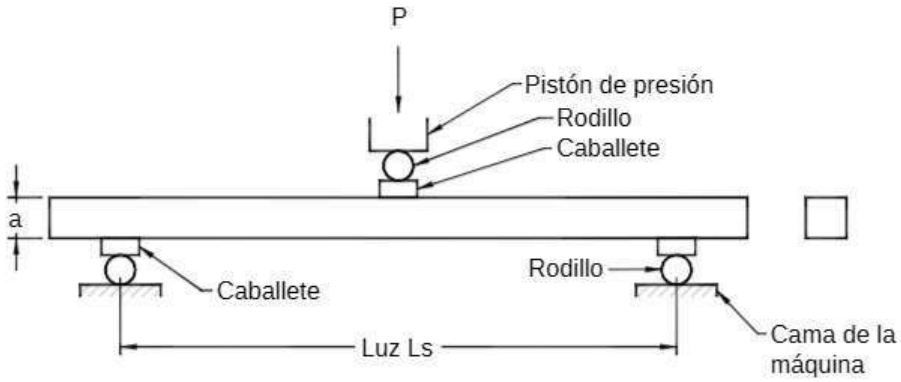
Donde:

$\sigma\ máx$ = Resistencia máxima a la flexión, en N/cm^2

P = Carga de rotura, en N

Figura 16

Disposición de la probeta de ensayo de flexión. Fuente: Normas técnicas colombianas NTC 663 (Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión)



L = Luz entre los soportes, en cm, ver Figura 16.

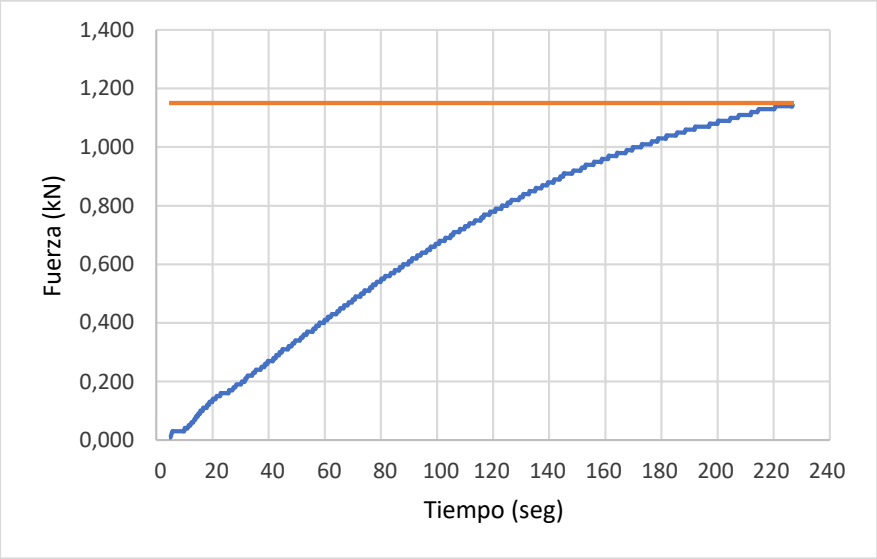
a = ancho de la probeta, cm.

e = Altura de la probeta en la dirección tangencial, en cm.

Carga de rotura (P) La carga de rotura corresponde a la máxima soportada por la probeta, es tomada de la gráfica Fuerza vs Tiempo generada por el software de la Máquina universal PINZUAR LTDA se marca con línea color naranja. Ver Figura 17.

Figura 17

Fuerza Vs Tiempo, ensayo de flexión en madera. Fuente: Autores, 2023.



De la gráfica se obtiene la carga máxima de 1,150 kN, o 1150 N.

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3(1.150) * (36)}{2 * (2) * (2\ )^2}$$

$\sigma\ máx = 7.762{,}50\ \mathrm{N/cm^2}$

Contenido de humedad

Ec 16

$$W = [\frac{(m_1 - m_2)}{m_2}] * 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad

m_1 = Masa de la probeta antes del secado, en g.

m_2 = Masa de la probeta después del secado, en g.

Para esta probeta tenemos:

m_1 = 40 g

m_2 = 36 g

$$W = [\frac{40 - 36)}{36}] * 100$$

W= 11,11%

A continuación, se muestra en la Tabla 11

*Resumen de los resultados en los de ensayos de flexión en muestras de Pino.*Tabla 11, la información que resume los resultados derivados de las pruebas de flexión llevadas a cabo en las muestras de madera Pino.

Tabla 11

Resumen de los resultados en los de ensayos de flexión en muestras de Pino.

Resultados	Probetas			Promedio
	FB-P-01	FB-P-02	FB-P-03	
Resistencia máxima a la rotura kg/cm^2	782,5	660,78	791,55	744,94

Los resultados presentes en la Tabla 11, se convierten de N/cm^2 a kg/cm^2 para llevarlos a unidades más comerciales y que se interpretan mucho mejor. El siguiente ítem trata de la resistencia al corte paralelo al grano en madera.

Referencias normativas:

- Normas técnicas colombianas NTC 206 (Maderas. Determinación de la humedad).
- Normas técnicas colombianas NTC 787 (Maderas. Selección y colección de muestras para ensayos físicos y mecánicos).
- Normas técnicas colombianas NTC 790 (Acondicionamiento de las maderas a los ensayos físicos y mecánicos).
- Normas técnicas colombianas NTC 663 (Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión).
- Normas técnicas colombianas NTC 301 (Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera).

4.2.5 Resistencia al corte paralelo al grano en madera

Para la compresión paralela al grano se ensayaron tres probetas de Abarco, tres probetas de Maqui, tres probetas Pino Patula, tres probetas de Sapan y tres probetas de Eucalipto. Siendo un total de 15 probetas de madera. Cada probeta se ensayó de acuerdo al procedimiento descrito en las Normas técnicas Colombianas NTC 775 (Maderas. Determinación de la resistencia al cizallamiento paralelo al grano) y el MANUAL DE PRACTICAS ACADÉMICAS RESISTENCIA DE MATERIALES de la UFPSO, se muestran los cálculos de la probeta FV-M-03 del tipo de madera Maqui.

Los datos obtenidos son suministrados por el laboratorio resistencia de materiales al utilizar la maquina universal PINZUAR LTDA de forma electrónica y son más de 2000 filas con 8 columnas de datos por probeta/ensayo por lo que los datos se encuentran en su totalidad en los anexos.

La información de la probeta se encuentra en la Figura 18Figura 7, la determinación de los parámetros necesarios se realiza empleando las ecuaciones y procedimientos establecidos en la NTC 775 que se describen a continuación.

Figura 18

Formato 20, Resistencia al cizallamiento paralelo al grano en madera. Fuente: Manual de Practicas Académicas Resistencia de Materiales

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

ENSAYO DE RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO EN MADERA

Nombre científico:	Apuleia SP	**Probeta N°: FV-M-03**
Familia:	Fabaceae	
Nombre vulgar:	Maqui	
Observaciones:		**Fecha: 25/08/2023**
Condición:	Seca	**Forma de la falla**
Datos del contenido de humedad		
Peso inicial:	39 g	
Peso seco al horno:	35 g	
Contenido de humedad:	11,43 %	
Datos de la probeta		
Ancho promedio:	5,1 cm	
Largo promedio:	5,1 cm	
Superficie de cizallamiento:	26,01 cm^2	
Carga máxima	2785,86 kgf	



Resultados

Resistencia máxima de rotura: 107,11 kgf/cm^2

La resistencia máxima de rotura por cizallamiento (σ cz) se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ec 17

$$\sigma \text{ cz} = \frac{P}{S}$$

σ cz = Resistencia máxima de rotura por cizallamiento, en kgf/cm^2

P = Carga máxima soportada por la probeta, en kgf

S = Superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm^2

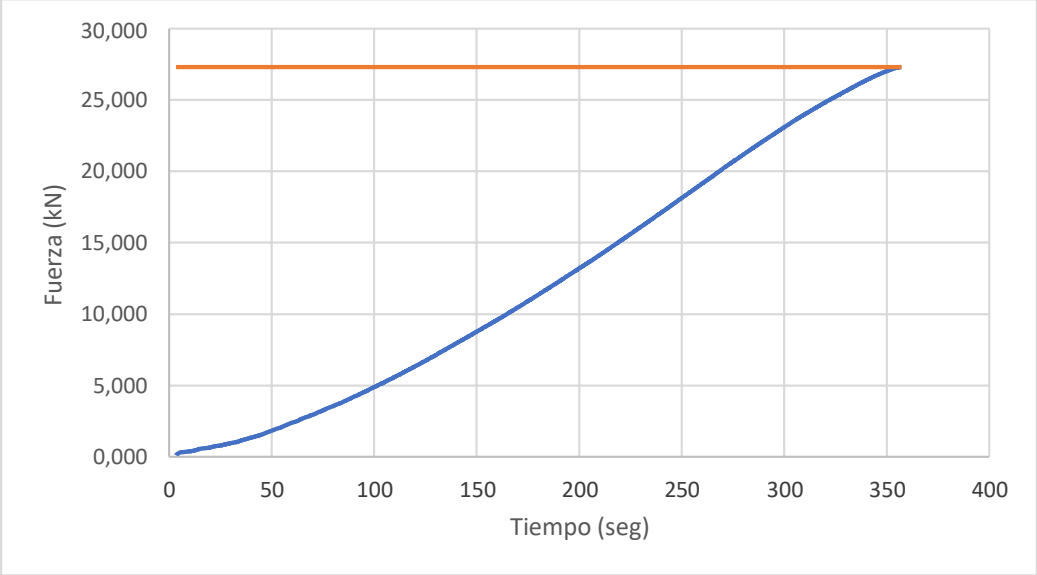
Por lo tanto:

Carga máxima soportada por la probeta (P)

P = 27.32 kN, equivalente a 2785,86 kgf (valor máximo de carga tomado de la gráfica Fuerza vs. Tiempo, generada por el software de la maquina universal PINZUAR LTDA). Ver Figura 19.

Figura 19

Gráfico Fuerza vs Tiempo, ensayo de cizallamiento en madera. Fuente: Autores, 2023.



Superficie del plano en que se produce el cizallamiento (S)

Se calcula a partir de los datos de ancho promedio y espesor promedio, medidos con el calibrador, los cuales fueron tomados tres veces como se menciona en el paso 4 del procedimiento, los promedios de cada medida son presentados a continuación:

Ancho promedio: 5,10 cm.

Largo promedio: 5,10 cm.

Tratándose de una sección rectangular, la superficie del plano en que se produce el cizallamiento se calcula así:

Ec 18

$$S = Ancho\ promedio * Largo\ promedio$$

S = (5.10) * (5.10) = 26.01 cm^2

Por lo tanto, la resistencia máxima a la rotura por cizallamiento (σ cz) será:

$$\sigma \text{ máx} = \frac{2785.86}{26.01}$$

$\sigma\ máx = 107.11\ kgf/cm^2$

Contenido de humedad

Ec 19

$$W = [\frac{(m_1 - m_2)}{m_2}] * 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad

m_1 = Masa de la probeta antes del secado, en g.

m_2 = Masa de la probeta después del secado, en g.

Para esta probeta tenemos:

m_1 = 39 g

m_2 = 35 g

$$W = [\frac{(39 - 35)}{35}] * 100$$

W = 11.43%

A continuación, se muestra en la Tabla 12, la información que resume los resultados derivados de las pruebas de cizallamiento llevadas a cabo en las muestras de madera Pino.

Tabla 12

Resumen de los resultados en los de ensayos de cizallamiento en muestras de Maqui.

Resultados	**Probetas**			**Promedio**
	FV-M-01	**FV-M-02**	**FV-M-03**	
Resistencia máxima a la rotura kgf/cm²	57,25	61,41	107,11	75,26

Los resultados presentes en la Tabla 12, se dan en kg/cm^2 una unidad más comercial y que se interpretan mucho mejor. En las siguientes paginas se muestra un consolidado de la información obtenida para cada ensayo y los tipos de madera.

Referencias normativas:

- Normas técnicas colombianas NTC 206 (Maderas. Determinación de la humedad).
- Normas técnicas colombianas NTC 787 (Maderas. Selección y colección de muestras para ensayos físicos y mecánicos).
- Normas técnicas colombianas NTC 790 (Acondicionamiento de las maderas a los ensayos físicos y mecánicos).
- Normas técnicas colombianas NTC 775 (Maderas. Determinación de la resistencia al cizallamiento paralelo al grano).
- Normas técnicas colombianas NTC 301 (Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera).

4.2.6. Tablas resumen de los resultados obtenidos en todos los ensayos para cada tipo de madera

En las siguientes tablas se muestran los resultados de los ensayos realizados para cada uno de los tipos de madera seleccionados. La información que se muestra está respaldada por cada proceso realizado, los valores allí presentes están dados en kgf/cm^2 para que se pueda entender mucho mejor.

La columna titulada CV (%) es el coeficiente de variación para los datos.

La columna titulada S es la desviación estándar.

Tabla 13

Resultados para Maqui.

Madera	Ensayos	Resultados	Probetas			Promedio	CV	S
			1	2	3			
Maqui	**FC** *Paralelo*	Resistencia al límite proporcional **(kgf/cm^2):**	*489,59*	*457,82*	*404,01*	450,47	20,39	30,59
		Resistencia máxima**(kgf/cm^2):**	*540,44*	*543,66*	*499,78*	527,96	11,53	17,29
		Módulo de elasticidad (MOE**) (kgf/cm^2):**	*145.133,5*	*221525,5*	*123.929,2*	163.529,38	24.198,6	36.297,8
	FP *Perpendicular*	Resistencia al límite proporcional **(kgf/cm^2):**	*190,56*	*120,88*	*175,19*	162,21	17,26	25,89
		Resistencia al 1% de deformación **(kgf/cm^2):**	*182,26*	*55,98*	*159,69*	132,64	31,75	47,62
	FV *Corte*	Resistencia máxima de rotura **(kgf/cm^2):**	*56,48*	*54,44*	*107,11*	72,68	14,07	21,10
	FB *Flexión*	Resistencia máxima de rotura **(kgf/cm^2):**	*1.004,91*	*1.018,68*	*986,40*	1.003,33	7,64	11,45
		Esfuerzo de las fibras al límite (ELP) **(kgf/cm^2):**	*349,23*	*592,27*	*436,24*	459,25	58,05	87,07
	FT *Tensión*	Esfuerzo máximo (EM) **(kgf/cm^2):**	*408,59*	*599,23*	*482,48*	496,77	45,31	67,97
		Módulo de elasticidad (MOE) **(kgf/cm^2):**	*260.101,2*	*82.553,35*	*85.033,39*	14.2562,65	47.988,5	71.982,7

Tabla 14

Resultados para Eucalipto.

Madera	Ensayos	Resultados	Probetas			Promedio	CV	S
			1	2	3			
Eucalipto	**FC** *Paralelo*	Resistencia al límite proporcional **(kgf/cm²):**	*466,40*	*304,46*	*502,23*	424,36	49,67	74,51
		Resistencia máxima **(kgf/cm²):**	*542,13*	*375,34*	*523,65*	480,37	43,10	64,65
		Módulo de elasticidad (MOE) **(kgf/cm²):**	*62.4647,23*	*133.928,88*	*622.600,92*	460.392,34	133.279,0	199.918,54
	FP *perpendicular*	Resistencia al límite proporcional **(kgf/cm²):**	*76,28*	*78,50*	*81,18*	78,65	1,16	1,73
		Resistencia al 1% de deformación **(kgf/cm²):**	*7,82*	*46,10*	*9,14*	21,02	10,24	15,37
	FV *Corte*	Resistencia máxima de rotura **(kgf/cm²):**	*42,48*	*37,83*	*41,70*	40,67	1,17	1,76
	FB *Flexión*	Resistencia máxima de rotura **(kgf/cm²):**	*922,33*	*789,74*	*326,04*	679,37	147,59	221,39
		Esfuerzo de las fibras al límite (ELP) **(kgf/cm²):**	*919,06*	*327,16*	*714,37*	653,53	141,71	212,56
	FT *Tensión*	Esfuerzo máximo (EM) **(kgf/cm²):**	*1.013,06*	*446,26*	*754,62*	737,98	133,77	200,65
		Módulo de elasticidad (MOE) **(kgf/cm²):**	*173.329,02*	*160.987,08*	*183.589,78*	172.635,29	5.335,03	8.002,55

Tabla 15

Resultados para Abarco.

Madera	Ensayos	Resultados	Probetas			Promedio	CV	S
			1	2	3			
Abarco	**FC** *Paralelo*	Resistencia al límite proporcional **(kgf/cm²):**	*339,55*	*390,62*	*336,72*	355,63	14,30	21,45
		Resistencia máxima **(kgf/cm²):**	*454,01*	*427,99*	*442,11*	441,37	6,14	9,21
		Módulo de elasticidad (MOE) **(kgf/cm²):**	*156.711,64*	*123.354,34*	*217.705,44*	165.923,81	22.554,53	33.831,79
	FP *perpendicular*	Resistencia al límite proporcional **(kgf/cm²):**	*61,72*	*50,35*	*64,34*	58,80	3,51	5,26
		Resistencia al 5% de deformación **(kgf/cm²):**	*21,21*	*5,88*	*7,28*	11,46	4,00	5,99
	FV *Corte*	Resistencia máxima de rotura **(kgf/cm²):**	*45,24*	*34,60*	*30,66*	36,83	3,56	5,33
	FB *Flexión*	Resistencia máxima de rotura **(kgf/cm²):**	*860,39*	*715,84*	*798,44*	791,56	34,19	51,28
		Esfuerzo de las fibras al límite (ELP) **(kgf/cm²):**	*1.115,01*	*1.087,52*	*1.002,29*	1.068,27	27,71	41,56
	FT *Tensión*	Esfuerzo máximo (EM) **(kgf/cm²):**	*1.450,01*	*1.274,47*	*1.185,46*	1.303,31	63,46	95,19
		Módulo de elasticidad (MOE) **(kgf/cm²):**	*140.722,81*	*55.839,53*	*73.650,08*	90.070,81	21.100,41	31.650,62

Tabla 16

Resultados para Pino Patula.

Madera	Ensayos	Resultados	Probetas			Promedio	CV	S
			1	2	3			
Pino Patula	**FC** *Paralelo*	Resistencia al límite proporcional**(kgf/cm²):**	*424,64*	*477,47*	*469,66*	457,26	13,44	20,16
		Resistencia máxima **(kgf/cm²):**	*518,55*	*562,70*	*551,62*	544,29	10,83	16,24
		Módulo de elasticidad (MOE) **(kgf/cm²):**	*158.449,4 3*	*169.718,2 2*	*240.440,3 1*	189.535,99	20.950, 65	31.425,9 6
	FP *perpendicular*	Resistencia al límite proporcional**(kgf/cm²):**	*118,80*	*80,16*	*76,28*	91,75	11,08	16,62
		Resistencia al 1% de deformación**(kgf/cm²):**	*12,62*	*20,04*	*10,46*	14,37	2,37	3,55
	FV *Corte*	Resistencia máxima de rotura**(kgf/cm²):**	*113,35*	*59,79*	*58,36*	77,17	14,78	22,16
	FB *Flexión*	Resistencia máxima de rotura**(kgf/cm²):**	*782,50*	*660,79*	*791,55*	744,95	34,42	51,64
		Esfuerzo de las fibras al límite (ELP)**(kgf/cm²):**	*978,68*	*790,34*	*676,33*	815,12	71,98	107,97
	FT *Tensión*	Esfuerzo máximo (EM)**(kgf/cm²):**	*1118,25*	*963,55*	*866,36*	982,72	59,88	89,83
		Módulo de elasticidad (MOE)**(kgf/cm²):**	*92.556,75*	*255.532,9 6*	*106.040,0 3*	151.376,58	42.640, 26	63.960,3 9

Tabla 17

Resultados para Sapan.

Madera	Ensayos	Resultados	Probetas			Promedio	CV	S
			1	2	3			
Sapan	**FC** *Paralelo*	Resistencia al límite proporcional**(kgf/cm²):**	*477,36*	*589,43*	*457,69*	508,16	33,50	50,25
		Resistencia máxima**(kgf/cm²):**	*695,50*	*767,43*	*677,79*	713,57	22,38	33,57
		Módulo de elasticidad (MOE)**(kgf/cm²):**	*246.062,71*	*199.132,21*	*146.699,40*	197.298,11	23.432,12	35.148,18
	FP *perpendicular*	Resistencia al límite proporcional**(kgf/cm²):**	*161,07*	*150,01*	*121,43*	144,17	9,64	14,46
		Resistencia al 1% de deformación**(kgf/cm²):**	*59,53*	*11,34*	*42,12*	37,66	11,50	17,25
	FV *Corte*	Resistencia máxima de rotura**(kgf/cm²):**	*57,25*	*61,41*	*69,60*	62,75	2,96	4,44
	FB *Flexión*	Resistencia máxima de rotura**(kgf/cm²):**	*353,99*	*1190,77*	*1204,54*	916,43	229,64	344,46
	FT *Tensión*	Esfuerzo de las fibras al límite (ELP)**(kgf/cm²):**	*613,85*	*871,17*	*671,12*	718,71	63,69	95,53
		Esfuerzo máximo (EM)**(kgf/cm²):**	*677,25*	*1.043,82*	*696,85*	805,97	97,21	145,82
		Módulo de elasticidad (MOE)**(kgf/cm²):**	*254.236,26*	*193.290,19*	*101.381,35*	182.969,27	36.273,80	54.410,69

4.2.7 Comparación de los esfuerzos admisibles para las maderas estudiadas en esta investigación con los esfuerzos admisibles dados por la NSR-10 Titulo G.

Los valores obtenidos mediante ensayos de laboratorio se comparan con los establecidos en la NSR-10 en el Titulo G.2 Bases para el diseño estructural, usando como guías las tablas G.2.2-1 (Esfuerzos Admisibles) y G.2.2-2 (Módulos de Elasticidad Longitudinal) también las tablas presentes en la sección G-B.1.2. Parámetros de la formulación.

Los valores dados por la NSR-10 están siendo afectados por coeficientes de modificación tal como lo dice en la Sección G.2.2.2 de la NSR-10 (Esfuerzos Admisibles y Módulos de Elasticidad), por lo cual los valores obtenidos por la UFPSO deben ser llevados al quinto percentil y multiplicados por un factor de reducción FRi que es el resultado de operación realizada donde se involucran el FC (factor de calidad), F_d (factor de altura), el FS (factor de seguridad) y el FDC (factor de duración de carga) como se muestra en la Tabla G-A-1 (Factores de Reducción de Módulo de E y esfuerzos Fi). Esto se aprecia con mejor detalle en la Figura 20.

En la columna Esfuerzos Admisibles se muestran las características fundamentales para la NSR-10, las cuales son, FB (Esfuerzo admisible a la flexión), FC (Esfuerzo admisible a la compresión paralelo), FP (Esfuerzo admisible a la compresión perpendicular), FV (Esfuerzo admisible al corte), FT (Esfuerzo admisible a la tensión), al final donde se refiere al MOE (Modulo de elasticidad) se usa el asumida para diseño. F_{EXP} corresponde al valor del esfuerzo

hallado en los ensayos de laboratorio de la UFPSO. Y en la columna UFPSO se encuentra el F_{EXP} en este caso ya modificado por el quinto percentil y el factor de reducción.

Ec 20

$$FR = \frac{FC * F_d}{FS * FDC}$$

Figura 20

Factores de Reducción de Módulo de E y esfuerzos Fi. Tomado de la NSR-10, Titulo G, Apéndice G-A.

	MOE	Flexión (F_b)	Compresión Paralela (F_c)	Tensión (F_t)	Compresión perpendicular (F_p)	Corte (F_v)
FC		0.80	-	0.64	-	-
F_d		0.90	-	0.84	-	-
FS		2.00	1.6	2.00	1.6	3.0
FDC		1.60	1.6	1.60	-	1.6
FR_i		0.225	0.39	0.16875	0.625	0.2083
Norma NTC – 30l **COV_i**	0.22	0.16	0.18	0.16	0.28	0.14
$F_{0.05}$		**$0.7368F$**	**$0.7039F_c$**	**$0.7368F_t$**	**$0.5394F_p$**	**$0.7697F_v$**
$F_i = F_R iF_{i0.05}$		**$0.1660F_b$**	**$0.2745F_c$**	**$0.1245F_t$**	**$0.3371F_p$**	**$0.1600F_v$**
$E_{0.5} = \bar{E}$	**$E_{0.5}$**			**MOE** módulo de elasticidad **$\bar{E} = E_{0.5}$** módulo de elasticidad longitudinal promedio **$E_{0.05}$** módulo de elasticidad longitudinal 5° percentil **E_{min}** módulo de elasticidad longitudinal mínimo		
$E_{0.05}$	**$0638E_{0.5}$**	**$E_{0.05} = E_{0.5}(1-1.645COV_E)$**				
E_{min}	**$0.96E_{0.5}$**	**$E_{min} = E_{0.5}(1-1.645COV_E)\frac{1.03}{F_s = 1.66}$**				

El resultado de estas operaciones se aprecia en las siguientes tablas, donde están presente los valores de MOE y esfuerzos admisibles de la NSR-10 y los dados por la UFPSO.

Tabla 18

Comparación de los valores obtenidos para Sapan.

Valores para Sapan ES2					
Esfuerzos	**F_{EXP}**	**Percentil 5**	**$F_{R}i$**	**UFPSO**	**NSR-10**
FB (MPa)	89,87	66,22	0,225	14,90	33,3
FC (MPa)	69,98	49,26	0,39	19,21	26,8
FP (MPa)	14,14	7,63	0,625	4,77	4,5
FV (MPa)	6,15	4,73	0,2083	0,99	2,2
FT (MPa)	79,04	58,24	0,16875	9,83	25

Tabla 19

*Comparación de los valores obtenidos para Maqui***.**

Valores para Maqui ES3					
Esfuerzos	**F_{EXP}**	**Percentil 5**	**F_{Ri}**	**UFPSO**	**NSR-10**
FB (MPa)	98,34	72,46	0,225	16,30	27,4
FC (MPa)	51,78	36,45	0,39	14,21	21,6
FP (MPa)	15,91	8,58	0,625	5,36	5,6
FV (MPa)	7,13	5,49	0,2083	1,14	1,7
FT (MPa)	48,72	35,90	0,16875	6,06	20,6

Tabla 20

Comparación de los valores obtenidos para Abarco.

Valores para Abarco ES4					
Esfuerzos	**F_{EXP}**	**Percentil 5**	**F_{Ri}**	**UFPSO**	**NSR-10**
FB (MPa)	77,63	57,20	0,225	12,87	17,1
FC (MPa)	43,28	30,46	0,39	11,88	14,9
FP (MPa)	5,77	3,11	0,625	1,95	3,7
FV (MPa)	3,61	2,78	0,2083	0,58	1,9
FT (MPa)	127,81	94,17	0,16875	15,89	12,8

Tabla 21

Comparación de los valores obtenidos para Eucalipto.

Valores para Eucalipto ES5					
Esfuerzos	**F_{EXP}**	**Percentil 5**	**F_{Ri}**	**UFPSO**	**NSR-10**
FB (MPa)	66,62	49,09	0,225	11,04	17,7
FC (MPa)	47,11	33,16	0,39	12,93	12,9
FP (MPa)	7,71	4,16	0,625	2,60	2,7
FV (MPa)	3,99	3,07	0,2083	0,64	1,9
FT (MPa)	72,37	53,32	0,16875	9,00	13,3

Tabla 22

Comparación de los valores obtenidos para Pino Patula.

Valores para Pino Patula ES6					
Esfuerzos	**F_{EXP}**	**Percentil 5**	**F_{Ri}**	**UFPSO**	**NSR-10**
FB (MPa)	73,1	53,86	0,225	12,12	12,6
FC (MPa)	53,34	37,55	0,39	14,64	10,2
FP (MPa)	8.98	4,84	0,625	3,03	1,7
FV (MPa)	7,57	5,83	0,2083	1,21	1,6
FT (MPa)	96,37	71,01	0,16875	11,98	9,5

Tabla 23

Comparación de los Módulos de Elasticidad.

		Maderas				
		Sapan (ES2)	**Maqui (ES3)**	**Abarco (ES4)**	**Eucalipto (ES5)**	**Pino Patula (ES6)**
MOE (Mpa)	**UFPSO**	18345,16	15008,93	12552,45	16930,01	14845,21
	NSR-10 Asumido para diseño	18.000	14.000	12.500	11.200	9.000

Este sistema de comparación permite observar las variaciones en los Módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles, siendo el MOE el parámetro principal como lo dice la NSR-10 en la sección G-B.1.3, el cual se tiene en cuenta en todo el proceso de formulación, desde la escogencia de la sección para elementos a flexión, pasando por las deflexiones admisibles e interviniendo en la reducción de los esfuerzos de flexión… (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2010).

El MOE y los esfuerzos admisibles funcionan como un conjunto de características que nos permite evaluar la resistencia de la madera, para lo cual no se debe dejar de lado que la madera puede presentar debilidades en algunos parámetros y fortaleza en otros, esto se puede observar en el comportamiento que sufren las maderas estructurales del municipio de Ocaña, muchos de los esfuerzos admisibles están por debajo y otros están por encima de lo dictado por la normativa.

Con el propósito de mejorar los resultados obtenidos se toma la decisión de descartar de los valores inconsistentes de las Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17, donde se muestran los resultados obtenidos para las maderas en los ensayos realizados por la UFPSO y así contar con datos más cercanos a los requeridos por la NSR-10 y hacer nuevamente la comparación para evaluar los resultados presentes.

En las tablas se muestra una X esto representa que se eliminó el valor inconsistente que antes se encontraba en esa celda para apreciar el cambio de los datos.

Tabla 24

Resultados de depuración de datos atípicos para Maqui.

Madera	Ensayos	Resultados	Probetas			Promedio	CV	S
			1	2	3			
Maqui	**FC** *Paralelo*	Resistencia al límite proporcional(kgf/cm^2):	*489,59*	*457,82*	*404,01*	450,47	20,39	30,59
		Resistencia máxima(kgf/cm^2):	*540,44*	*543,66*	*X*	542,05	180,68	271,03
		Módulo de elasticidad (MOE)(kgf/cm^2):	*145.133,49*	*221.525,47*	*123.929,17*	163.529,38	24.198,56	36.297,84
	FP *Perpendicular*	Resistencia al límite proporcional(kgf/cm^2):	*190,56*	*120,88*	*175,19*	162,21	17,26	25,89
		Resistencia al 1% de deformación(kgf/cm^2):	*182,26*	*55,98*	*159,69*	132,64	31,75	47,62
	FV *Corte*	Resistencia máxima de rotura(kgf/cm^2):	*56,48*	*54,44*	*107,11*	72,68	14,07	21,10
	FB *Flexión*	Resistencia máxima de rotura(kgf/cm^2):	*1.004,91*	*1.018,68*	*X*	1.011,80	337,28	505,92
	FT *Tensión*	Esfuerzo de las fibras al límite (ELP)(kgf/cm^2):	*349,23*	*592,27*	*436,24*	459,25	58,05	87,07
		Esfuerzo máximo (EM)(kgf/cm^2):	*X*	*599,23*	*482,48*	540,86	182,37	273,56
		Módulo de elasticidad (MOE)(kgf/cm^2):	*260.101,20*	*82.553,35*	*85.033,39*	142.562,65	47.988,47	71.982,71

Tabla 25

Resultados de depuración de datos atípicos para Eucalipto.

Madera	Ensayos	Resultados	Probetas			Promedio	CV	S
			1	2	3			
Eucalipto	**FC** *Paralelo*	Resistencia al límite proporcional(kgf/cm^2):	*466,40*	*304,46*	*502,23*	424,36	49,67	74,51
		Resistencia máxima(kgf/cm^2):	*542,13*	*X*	*523,65*	532,89	177,68	266,53
		Módulo de elasticidad (MOE)(kgf/cm^2):	*624.647,23*	*133.928,88*	*622.600,92*	460.392,34	133.279,02	199.918,54
	FP *Perpendicular*	Resistencia al límite proporcional(kgf/cm^2):	*76,28*	*78,50*	*81,18*	78,65	1,16	1,73
		Resistencia al 5% de deformación(kgf/cm^2):	*7,82*	*46,10*	*9,14*	21,02	10,24	15,37
	FV *Corte*	Resistencia máxima de ruptura(kgf/cm^2):	*42,48*	*X*	*41,70*	42,09	14,03	21,05
	FB *Flexión*	Resistencia máxima de ruptura(kgf/cm^2):	*922,33*	*789,74*	*X*	856,04	287,05	430,58
	FT *Tensión*	Esfuerzo de las fibras al límite (ELP)(kgf/cm^2):	*919,06*	*327,16*	*714,37*	653,53	141,71	212,56
		Esfuerzo máximo (EM)(kgf/cm^2):	*1.013,06*	*X*	*754,62*	883,84	300,84	451,27
		Módulo de elasticidad (MOE)(kgf/cm^2):	*173.329,02*	*160.987,08*	*183.589,78*	172.635,29	5.335,03	8.002,55

Tabla 26

Resultados de depuración de datos atípicos para Abarco.

Madera	Ensayos	Resultados	Probetas			Promedio	CV	S
			1	2	3			
Abarco	**FC** *Paralelo*	Resistencia al límite proporcional(kgf/cm^2):	*339,55*	*390,62*	*336,72*	355,63	14,30	21,45
		Resistencia máxima(kgf/cm^2):	*454,01*	*427,99*	*442,11*	441,37	6,14	9,21
		Módulo de elasticidad (MOE)(kgf/cm^2):	*156.711,64*	*123.354,34*	*217.705,44*	*165.923,81*	*22.554,53*	*33.831,79*
	FP *Perpendicular*	Resistencia al límite proporcional(kgf/cm^2):	*61,72*	*X*	*64,34*	63,03	21,02	31,53
		Resistencia al 1% de deformación(kgf/cm^2):	*21,21*	*5,88*	*7,28*	11,46	4,00	5,99
	FV *Corte*	Resistencia máxima de rotura(kgf/cm^2):	*45,24*	*34,60*	*X*	39,92	13,54	20,31
	FB *Flexión*	Resistencia máxima de rotura(kgf/cm^2):	*860,39*	*X*	*798,44*	829,42	276,86	415,29
	FT *Tensión*	Esfuerzo de las fibras al límite (ELP)(kgf/cm^2):	*1.115,01*	*1.087,52*	*1.002,29*	1.068,27	27,71	41,56
		Esfuerzo máximo (EM)(kgf/cm^2):	*1.450,01*	*1.274,47*	*1.185,46*	1.303,31	63,46	95,19
		Módulo de elasticidad (MOE)(kgf/cm^2):	*140.722,81*	*55.839,53*	*73.650,08*	90.070,81	21.100,41	31.650,62

Tabla 27

Resultados de depuración de datos atípicos para Sapan.

Madera	Ensayos	Resultados	Probetas			Promedio	CV	S
			1	2	3			
Sapan	**FC** *Paralelo*	Resistencia al límite proporcional(kgf/cm^2):	*477,36*	*589,43*	*457,69*	508,16	33,50	50,25
		Resistencia máxima(kgf/cm^2):	*695,50*	*767,43*	*X*	731,47	244,41	366,62
		Módulo de elasticidad (MOE)(kgf/cm^2):	*246.062,71*	*199.132,21*	*146.699,40*	197.298,11	23.432,12	35.148,18
	FP *Perpendicular*	Resistencia al límite proporcional(kgf/cm^2):	*161,07*	*150,01*	*121,43*	144,17	9,64	14,46
		Resistencia al 1% de deformación(kgf/cm^2):	*59,53*	*11,34*	*42,12*	37,66	11,50	17,25
	FV *Corte*	Resistencia máxima de rotura(kgf/cm^2):	*X*	*61,41*	*69,60*	65,51	21,92	32,88
	FB *Flexión*	Resistencia máxima de rotura(kgf/cm^2):	*X*	*1.190,77*	*1.204,54*	1.197,66	399,23	598,85
	FT *Tensión*	Esfuerzo de las fibras al límite (ELP)(kgf/cm^2):	*613,85*	*871,17*	*671,12*	718,71	63,69	95,53
		Esfuerzo máximo (EM)(kgf/cm^2):	*X*	*1.043,82*	*696,85*	870,34	301,42	452,13
		Módulo de elasticidad (MOE)(kgf/cm^2):	*254.236,26*	*193.290,19*	*101.381,35*	182.969,27	36.273,80	54.410,69

Con la eliminación de los datos que eran inconsistentes se toman nuevamente los valores de los esfuerzos para compararlos con los esfuerzos admisibles dados por la NSR-10, nótese que al Pino Patula no se le hace ninguna corrección ya que los resultados mostrados en la comparación en la mayoría de los casos están por encima de los parámetros de la NSR-10 y solo en uno de ellos está por debajo solo por unas décimas.

Tabla 28

Nueva comparación esfuerzos admisibles para Sapan.

Valores corregidos para Sapan ES2					
Esfuerzos	**$F_{EXP.}$**	**Percentil 5**	**F_{Ri}**	**UFPSO**	**NSR-10**
FB (MPa)	117,45	86,54	0,225	19,47	33,3
FC (MPa)	71,73	50,49	0,39	19,69	26,8
FP (MPa)	14,14	7,63	0,625	4,77	4,5
FV (MPa)	6,42	4,94	0,2083	1,03	2,2
FT (MPa)	85,35	62,89	0,16875	10,61	25

En esta nueva comparación dada en la Tabla 28 se sigue notando que los valores de los esfuerzos admisibles para Sapan siguen estando por debajo de los de la NSR-10, solo en el caso del FP que esta por encima unas décimas.

Tabla 29

Nueva comparación esfuerzos admisibles para Maqui.

Valores corregidos para Maqui ES3					
Esfuerzos	**$F_{EXP.}$**	**Percentil 5**	**F_{Ri}**	**UFPSO**	**NSR-10**
FB (MPa)	99,22	73,11	0,225	16,45	27,4
FC (MPa)	53,16	37,42	0,39	14,59	21,6
FP (MPa)	15,91	8,58	0,625	5,36	5,6
FV (MPa)	7,13	5,49	0,2083	1,14	1,7
FT (MPa)	53,04	39,08	0,16875	6,59	20,6

El caso del Maqui es muy similar al del Sapan, presentando valores por debajo de los establecidos en la NSR-10, en algunos casos como el FV y FP presenta valores cercanos, pero siguen estando por debajo de los estándares, como se nota en la Tabla 29.

A continuación, en la Tabla 30 se muestra la nueva comparación realizada para los valores de Abarco, esta vez los valores se aproximan un poco más a los parámetros de la NSR-10 pero solo en el caso del FT se observan valores mayores a los dados en la norma.

Tabla 30

Nueva comparación esfuerzos admisibles para Abarco.

Valores corregidos para Abarco ES4					
Esfuerzos	**$F_{EXP.}$**	**Percentil 5**	**F_{Ri}**	**UFPSO**	**NSR-10**
FB (MPa)	81,34	59,93	0,225	13,48	17,1
FC (MPa)	43,28	30,47	0,39	11,88	14,9
FP (MPa)	6,18	3,33	0,625	2,08	3,7
FV (MPa)	3,91	3,01	0,2083	0,63	1,9
FT (MPa)	127,81	94,17	0,16875	15,89	12,8

Tabla 31

Nueva comparación esfuerzos admisibles para Eucalipto.

Valores corregidos para Eucalipto ES5					
Esfuerzos	**$F_{EXP.}$**	**Percentil 5**	**F_{Ri}**	**UFPSO**	**NSR-10**
FB (MPa)	83,95	61,85	0,225	13,92	17,7
FC (MPa)	52,26	36,79	0,39	14,35	12,9
FP (MPa)	7,71	4,16	0,625	2,60	2,7
FV (MPa)	4,13	3,18	0,2083	0,66	1,9
FT (MPa)	86,68	63,86	0,16875	10,78	13,3

En la Tabla 31 podemos apreciar que el Eucalipto continúa presentando valores cercanos a los dados por la norma y en uno de los casos como es el FC esta por encima del presentado por la norma, la diferencia disminuye a favor de la madera estudiada.

4.3 Diseñar una ficha técnica de cada una de las maderas estructurales, tomando como base los resultados obtenidos, para dicha ficha sea utilizada en el diseño estructural de los diferentes elementos constructivos.

El montaje de la ficha técnica se basa principalmente en la caracterización de las maderas comercializadas en el municipio de Ocaña y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, ya que la información recolectada permitió describir adecuadamente cada uno de los tipos de madera seleccionados. La ficha técnica cumple como objetivo principal ser una guía para proporcionar ayuda a los profesionales de la construcción, carpintería y otras industrias presentes en el municipio, para así poder seleccionar la madera estructural adecuada en sus proyectos, ya que en Ocaña no se cuenta con dicho documento que permita evaluar la calidad y seguridad de la madera, asegurando que cumpla con los estándares establecidos por las normas técnicas colombianas y la NSR-10 Titulo G. Entidades como el SENA por intermedio del Centro Colombo Canadiense de la Madera y la Universidad Nacional de Colombia seccional Medellín se dieron a la tarea de estructurar un material denominado "Las Maderas en Colombia", el cual tiene como objetivo brindar información de carácter técnico a las personas interesadas en el conocimiento de las maderas comerciales en nuestro país. E igualmente tratar aspectos relacionados con sus propiedades y usos, entre otros (Escobar C, Rodríguez, & Correa, 1994).

Dentro del contenido de la ficha se están plasmados datos como, el nombre de la madera, su familia, nombres comunes y su nombre científico, todo esto en la parte superior izquierda, a su derecha se puede apreciar fotos de la textura y color de la madera para una fácil identificación

en el mercado y poder conocer mejor estos detalles, los cuales se tienen en cuenta para los acabados de cada tipo de madera.

También encontramos un cuadro de características estructurales, las cuales fueron tomados de los procesos realizados en el laboratorio y que todos están plasmados en este documento, a la derecha de esta tabla se encuentran características de cada una de las maderas, como lo son su coloración, aroma, descripción de su textura, lugar de origen, y otras características que las diferencian de las demás y que pueden ser similares a aquellas maderas con las cuales comparte familia, esta información se obtiene gracias al aporte de los propietarios de los aserríos visitados pero en su mayoría al propietario del aserrío Multimaderas el Manzano, ya que al trabajar con estas maderas durante muchos años les ha permitido conocer bien el comportamiento de dicho material. Un dato importante es que en la ficha técnica se especifica que los datos son extraídos de este documento (Propiedades físico mecánicas de las maderas comercializadas en el municipio de Ocaña (N. STD.)) para poder darle solides a la información que allí se puede encontrar.

A continuación, se presenta la estructura de la ficha técnica elaborada con los resultados obtenidos y la información recolectada, ver Figura 21. La ficha técnica se presenta en su totalidad en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Figura 21

Ficha técnica diseñada para la madera Abarco.



Figura 22

Ficha técnica diseñada para la madera Eucalipto.

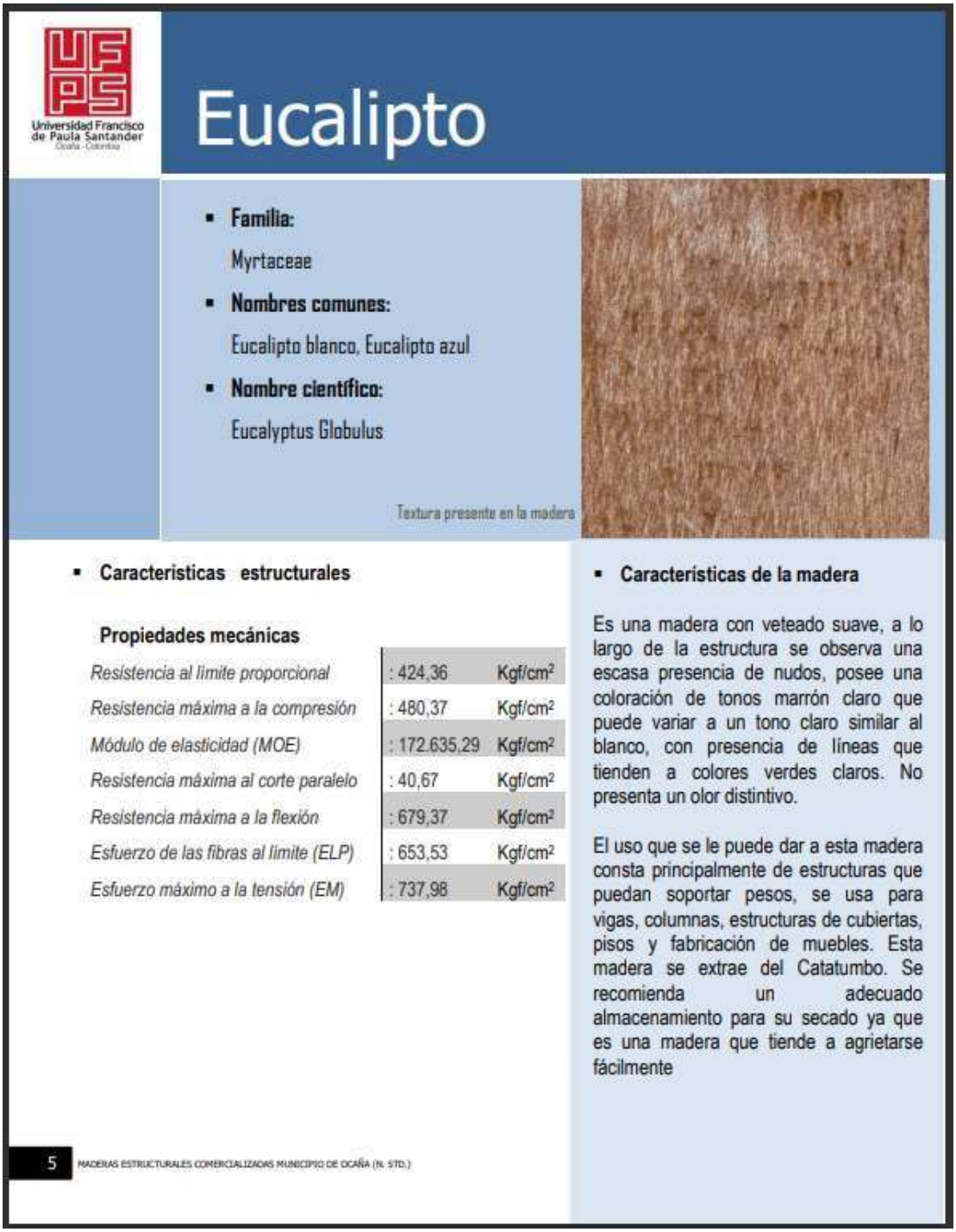


Figura 23

Ficha técnica diseñada para la madera Maqui.



Figura 24

Ficha técnica diseñada para la madera Pino Patula.

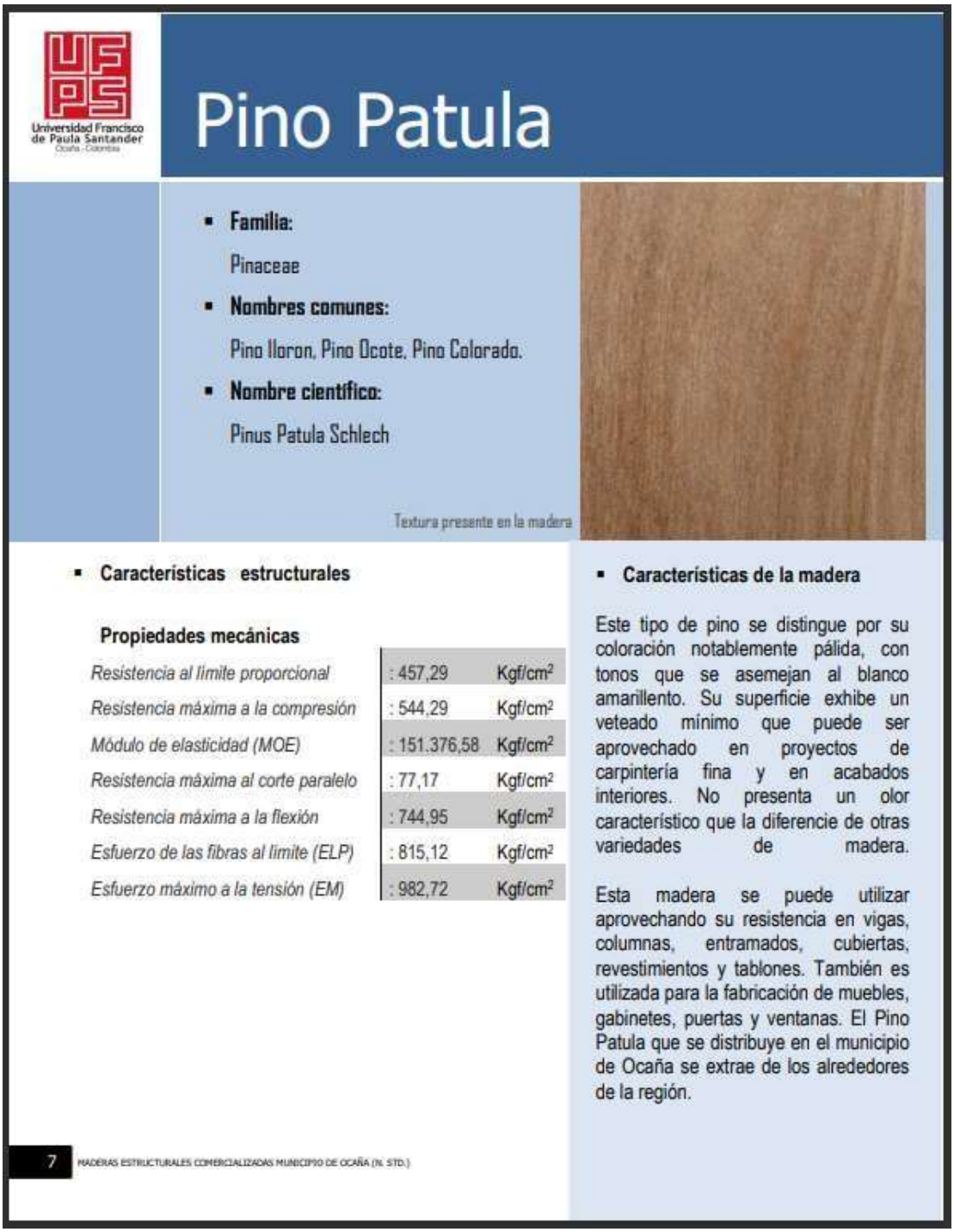


Figura 25

Ficha técnica diseñada para la madera Sapan.



5. Conclusiones

En la caracterización realizada gracias a las visitas de cada uno de los aserríos que distribuyen maderas en el municipio de Ocaña (N. STD.), se logró identificar dos principales categorías: madera estructural y madera no estructural. De la madera estructural se identificaron cinco tipos de madera que cumplen con los lineamientos establecidos en la NSR-10 y las diferentes normas técnicas colombianas, las cuales son: Abarco, Eucalipto, Maqui, Sapan y Pino Patula.

Como parte del proceso de recolección de información se hizo la consulta a los propietarios de los aserríos sobre lugares de procedencia de las maderas mencionadas y como dato importante se resalta la extracción del Pino Patula, que es cultivado en los alrededores del municipio de Ocaña (N. STD.), lo que facilita su adquisición y el bajo costo de la misma.

En la comparación de esfuerzos admisibles reducidos de las maderas de tipo estructural del municipio de Ocaña con los establecidos por la norma NSR-10, se observa que los valores obtenidos por la UFPSO no coinciden completamente con los dados por la norma. Algunos de los esfuerzos admisibles de las maderas estudiadas se encuentran por debajo de los mostrados en la NSR-10, siendo el caso de los valores obtenidos por las maderas Maqui y Sapan las cuales solo presentaron un esfuerzo admisible por encima o cercano considerablemente, el cual fue el FP, los demás valores están por debajo a lo mostrado en la norma.

Para la comparación de los resultados se debe tener en cuenta la cantidad de probetas usadas, se ensayaron tres probetas por cada tipo de madera, dando un total de quince (15) probetas por ensayo realizado, esto debido al costo elevado que representa adquirir el material y construir las probetas. Al tener esta cantidad los datos recolectados son muy pocos y en algunos de los casos se evidenciaron datos atípicos, los cuales fueron retirados en la depuración de la información que se realiza en la segunda comparación de datos, como se muestra en las Tabla 24, Tabla 25, Tabla 26, Tabla 27. Esto sigue representando una baja cantidad de datos ya que se reduce de tres a dos datos por ensayo en algunos casos.

El valor del esfuerzo admisible puede estar afectado por la poca cantidad de datos analizados en comparación con los valores presentados por la norma, que son tomados de documentos como, Las maderas en Colombia, desarrollado por el SENA y la universidad Nacional de Colombia seccional Medellín y el libro Compilación de la Propiedades físicas – mecánicas y usos posibles de 178 Maderas de Colombia, según dice el Apéndice G-B de la NSR-10, lo que representa la gran cantidad de información que fortalece los valores dados en la norma sismo resistente.*Resultados de depuración de datos atípicos para Maqui.*

Sin embargo, los valores dados por las maderas Abarco, Eucalipto y Pino Patula no se pueden despreciar ya que están cercanos a los valores establecidos por la norma, lo cual refleja un buen comportamiento por parte de estas maderas a pesar de la poca información experimental. Este es un primer trabajo investigativo con el cual se desea crear una base de datos que puede ser mejorado por futuras investigaciones con una mayor cantidad de probetas e

información, ya sea por parte de la Universidad u otros investigadores, lo cual podría generar valores más cercanos a los mostrados en la NSR-10.

Es importante destacar que la característica predominante para la clasificación y asignación de un grupo estructural para las maderas dentro de la NSR-10 es el módulo de elasticidad. En la Tabla 23

Comparación de los Módulos de Elasticidad. Se puede apreciar que los MOE promedio de las maderas de tipo estructural comercializadas en el municipio de Ocaña poseen valores ligeramente por encima de los asumidos en la norma para diseño sismo resistente, esto se toma como un resultado a favor de las maderas estudiadas.

El contenido de las fichas técnicas facilita el proceso de selección del tipo de madera estructural adecuada para el uso en proyectos de construcción y carpintería. La ficha técnica brinda información sobre las propiedades de los tipos de maderas estructurales comercializados en el municipio de Ocaña (N. STD.), los datos que están presentes en este trabajo de grado garantizan la confiabilidad de la información presentada en cada ficha, lo que la convierte en una buena herramienta para aquellos que trabajan con madera de tipo estructural en el municipio de Ocaña.

6. Recomendaciones

Para futuros trabajos de grado se recomienda abordar las maderas no estructurales que se distribuyen en el municipio ya que se desconocen sus propiedades y sus posibles usos, uno de los problemas del sistema de comercialización identificado en la región es que no se cuenta con información detallada de los productos que se distribuyen.

Se recomienda la realización de convenios de cooperación UFPSO-SENA para poner en práctica procesos constructivos en madera y donde las fichas técnicas producto de este trabajo sean utilizadas.

Se recomienda realizar un proyecto investigativo donde trabajen el programa de ingeniería civil y ambienta, en el cual se puedan conocer los procesos que sufre la madera durante su cultivo, extracción y almacenamiento, en estas etapas es importante poder contar con procesos técnicos que permitan conservar las características que predominan sobre las maderas estructurales y evitar así la variación de sus propiedades, esto se plantea para poder entregar un producto uniforme al consumidor.

Se recomienda realizar estudios que permitan trabajar con maderas laminadas, en las cuales se pueda combinar maderas estructurales y no estructurales para usos estructurales, esto con el fin de poder usarlas en la construcción.

Referencias

Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10. Titulo G. Bogotá.

Amaya, C. D. A., Rosas, A. F. S., & Umbarila, L. F. S. (2021). Determinación de usos potenciales de la madera de tachuelo (zanthoxylum rhoifolium lam.) a partir de la evaluación de las propiedades físico-mecánicas y características anatómicas. *IDEA Construcción y Madera, 3, 12-23.*

Arquima. (2021). *Arquima*.

Barrientos Choque, L. R., & Luza Sequeiros, R. G. (2018). Determinación de las propiedades físico mecánicas de la madera zapote procedente de Puerto Maldonado para la identificación de sus posibles usos estructurales según la norma técnica peruana E. 010. Bogotá: SENA, ANDI, Junta del Acuerdo de Cartagena, Universidad Nacional de Colombia seccional Medellín.

Bedoya, V. H. F. (2020). Tipos de justificación en la investigación científica. Espíritu emprendedor TES, 4(3), 65-76.

Cedeño Valdiviezo, A. (2013). La madera.¿ Una alternativa para proteger el medioambiente?. Revista de arquitectura (Bogotá), 15, 111-119.

Céspedes Medina, J. A., & Gaitán Rivera, J. N. (2020). Caracterización de las propiedades fisico-mecanicas de las especies de madera de acacia, eucalipto y pino caribe.

Criado Rodriguez, D. M., Pacheco Vergel, W. A., & Afanador García , N. (2020). Vulnerabilidad sísmica de centros poblados: estudio de caso. *Revista Ingenio 17(1)*, 43-48. Obtenido de https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2441

Comite Brasilero de Construcción Civil . (1997). *Asociación Brasilera de Normas Técnicas.*

Consejo Nacional de Investigación de Canada . (2002). Building Code Act 1992. Ontario, Canada.

Corma. (2010). Manual de construcción de viviendas de madera. Santiago de Chile: CORMA

Centro Colombo-Canadiense de la Madera, Sena Regional Antioquia Chocó, Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). Las maderas de Colombia.

Escobar, L. C. S. (2020). Comparación de las propiedades físico-mecánicas del bambú Guadua angustifolia Kunth de diferentes municipios de Colombia. Ciencia, 22(1), 34-56.

Escobar C, O., Rodríguez, J. R., & Correa, J. A. (1994). Las Maderas en Colombia. Medellín: Grupo de Comunicaciones y Divulgación SENA, Regional Antioquia Chocó.

Escobar, O., Mullereis, D., Romero, E., Aragon, I., Hoheisel, H., Tamm Jensen, G., . . .

Flórez, J. B. (2020). CARACTERIZACIÓN DE LAS 30 ESPECIES FORESTALES MADERABLES MAS COMERCIALIZADAS EN COLOMBIA PROVENIENTES DEL BOSQUE NATURAL. CARACTERIZACIÓN DE LAS 30 ESPECIES FORESTALES. Bogotá D.C, Colombia.

Gaviria Sierra, G., Acevedo Ruiz, E., Mesa Mejía , A. M., Gaviria Sierra, G., Rodríguez Matta, D., Mejía Uribe , A. M., . . . Vélez Mesa, G. (2003). Manual Prácticas de Pisos de Madera. Medellín: SENA. WWF-Colombia. (2013). Maderas de Colombia. Bogotá, Colombia. Google. (23 de 12 de 2022).Congreso de colombia. Obtenido de Google Earth: https://earth.google.com/web/@8.25039267,-73.34433695,1187.41031463a,13258.86846232d,30y,0h,0t,0r

García, N. A., Alvarez, K. F., & Calderón, F. (2019, November). A numerical model of the behavior of the resistance to compression in prisms of solid masonry. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1386, No. 1, p. 012131). IOP Publishing.

García, N. A., Sanchez, C. N., & Serna, C. N. (2020, September). Evaluation of uncertainty in determining the physical properties of concrete using Bootstrap. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1645, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.

García, N. A., Gómez, G. G., & Serna, C. N. (2021, May). Reinforced concrete beams subjected to three-point bending using finite element method. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1938, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.

García, N. A. (2019). Quantificação da Incerteza em modelos de fratura e fadiga utilizando polinômios de expansão de caos.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). *Normas Técnicas Colombianas.(NTC 206).*

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). *Normas Técnicas Colombianas.(NTC 787).*

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). *Normas Técnicas Colombianas.(NTC 790).*

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). *Normas Técnicas Colombianas.(NTC 785).*

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). *Normas Técnicas Colombianas.(NTC 663).*

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). *Normas Técnicas Colombianas.(NTC 301).*

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). *Normas Técnicas Colombianas.(NTC 944).*

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). *Normas Técnicas Colombianas.(NTC 775).*

Junta del acuerdo de Cartagena. (1984). *Manual de Diseño para Madera del Grupo Andino.*

Jara Minalla, J. M. (2021). "Comparación de las propiedades físico-mecánicas de Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb.(balsa) de tres y cuatro años de edad creciendo en el cantón Quevedo, provincia de los Ríos (Bachelor's thesis, Quevedo-Ecuador).

Lobo Rincón, M. C., & Caicedo Quintero, J. A. (2022). *Elaboración de un manual para el desarrollo de prácticas académicas en el laboratorio de resistencia de materiales de la*

Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña. [Tesis de grado, UFPSO]. Colombia

Ley 99. (1993). https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297

Merchán Rodríguez , J. R. (2012). *Comportamiento estructural de vigas ensambladas con elementos de madera.*

Martínez-Wilson, L., Binns-Hernández, H., Camacho-Cornejo, L. D., Meza-Montoya, A., & Villalobos-Barquero, V. (2022). Estudio de mercado, Productos de madera con valor agregado en la Región Huetar Caribe. Investiga. TEC, 15(44), ág-11.

Mansilla Gómez, K. (2020). Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural.

Palomino Durán, C. (2021). Construcción modular de vivienda unifamiliar en España (2015-2021).

Paniagua, V., Corrales, J., Torres, C. y González-Rodrigo, B. (2022). Influencia del contenido de humedad de la madera en la medición de la velocidad de onda ultrasónica de Tectona grandis LF y Cupressus lusitanica M. de Costa Rica. Bosques , 13 (8), 1296.

Peñafiel, H. A. Q., & Rosero, A. M. (2020). CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA ALGARROBO (Hymenea coubaril) BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE SECADO. Desarrollo de alternativas para

transformación de residuos orgánicos generados en plazas de mercado en Barrancabermeja., 103.

Roberto, M. R. (2012). *Comportamiento estructural de vigas ensambladas con elementos de madera.*

Rey Angulo, E. D. (2018). Propiedades físico–mecánicas de adoquines con polipropileno y caucho al 10% y 15% de reemplazo del agregado grueso, para su utilización en tránsito liviano en pavimentos articulados.

Rivera, J. A. (1987). *Compilación de la Propiedades físicas – mecánicas y usos posibles de 178 Maderas de Colombia.* Bogotá, Colombia : Técnico ACIF; No. 1.

Tknika, centro de Innovación y Aprendizaje. (s.f.). La importancia de la madera en la construcción. En P. Guardia, J. Caballero, & M. J. Barriola, *Manual Técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural.*

Tamayo y Tamayo, M. (06 de 1997). *El Proceso de la Investigación científica.* México: Editorial Limusa S.A.

Veléz, S. (1988). Aplicaciones estructurales de la madera. Cerchas, vigas, laminas y cinectores. Freitas de Almeida, G. de Sousa Alves, y N. Afanador-García, "A study of DCT specimenin the verification of the influence of the geometric variation in the stress intensity factor", Rev. Ingenio, vol. 18, n.º 1, pp. 10–16, ene. 2021. https://doi.org/10.22463/2011642X.2375

Apéndice

Apéndice A

*FB. Ensayos Abarco flexión***.**

ANEXOS\FB.ENSAYOS ABARCO FLEXION.xlsx

Apéndice B

FB. Ensayos Eucalipto flexión.

ANEXOS\FB.ENSAYOS EUCALIPTO FLEXION.xlsx

Apéndice C

FB. Ensayos Maqui flexión.

ANEXOS\FB.ENSAYOS MAQUI FLEXION.xlsx

Apéndice D

FB. Ensayos Pino flexión.

ANEXOS\FB.ENSAYOS PINO FLEXION.xlsx

Apéndice E

FB. Ensayos Sapan flexión.

ANEXOS\FB.ENSAYOS SAPAN FLEXION.xlsx

Apéndice F

FB. Ensayos Abarco compresión paralela.

ANEXOS\FC.ENSAYOS ABARCO COMPRESION PARALELA.xlsx

Apéndice G

Ensayos Eucalipto compresión paralela.

ANEXOS\FC.ENSAYOS EUCALIPTO COMPRESION PARALELA.xlsx

Apéndice H

Ensayos Maqui compresión paralela.

ANEXOS\FC.ENSAYOS MAQUI COMPRESION PARALELA.xlsx

Apéndice I

Ensayos Pino compresión paralela.

ANEXOS\FC.ENSAYOS PINO COMPRESION PARALELA.xlsx

Apéndice J

Ensayos Sapan compresión paralela.

ANEXOS\FC.ENSAYOS SAPAN COMPRESION PARALELA.xlsx

Apéndice K

Ensayos Abarco compresión perpendicular.

ANEXOS\FP.ENSAYOS ABARCO COMPRESION PERPENDICULAR.xlsx

Apéndice L

Ensayos Eucalipto compresión perpendicular.

ANEXOS\FP.ENSAYOS EUCALIPTO COMPRESION PERPENDICULAR.xlsx

Apéndice M

Ensayos Maqui compresión perpendicular.

ANEXOS\FP.ENSAYOS MAQUI COMPRESION PERPENDICULAR.xlsx

Apéndice N

Ensayos Pino compresión perpendicular.

ANEXOS\FP.ENSAYOS PINO COMPRESION PERPENDICULAR.xlsx

Apéndice O

Ensayos Sapan compresión perpendicular.

ANEXOS\FP.ENSAYOS SAPAN COMPRESION PERPENDICULAR.xlsx

Apéndice P

Ensayos Abarco tensión.

ANEXOS\FT.ENSAYOS ABARCO TENSION.xlsx

Apéndice Q

Ensayos Eucalipto tensión.

ANEXOS\FT.ENSAYOS EUCALIPTO TENSION.xlsx

Apéndice R

Ensayos Maqui tensión.

ANEXOS\FT.ENSAYOS MAQUI TENSION.xlsx

Apéndice S

Ensayos Pino tensión.

ANEXOS\FT.ENSAYOS PINO TENSION.xlsx

Apéndice T

Ensayos Sapan tensión.

ANEXOS\FT.ENSAYOS SAPAN TENSION.xlsx

Apéndice U

Ensayos Abarco corte paralelo a las fibras.

ANEXOS\FV.ENSAYOS ABARCO CORTE PARALELO FIBRAS.xlsx

Apéndice V

Ensayos Eucalipto corte paralelo a las fibras.

ANEXOS\FV.ENSAYOS EUCALIPTO CORTE PARALELO FIBRAS.xlsx

Apéndice W

Ensayos Maqui corte paralelo a las fibras.

ANEXOS\FV.ENSAYOS MAQUI CORTE PARALELO FIBRAS.xlsx

Apéndice X

Ensayos Pino corte paralelo a las fibras.

ANEXOS\FV.ENSAYOS PINOS CORTE PARALELO FIBRAS.xlsx

Apéndice Y

Ensayos Sapan corte paralelo a las fibras.

ANEXOS\FV.ENSAYOS SAPAN CORTE PARALELO FIBRAS.xlsx

Apéndice Z

Ficha Técnica de Maderas Estructurales Comercializadas en el Municipio de Ocaña (N.STD.)

ANEXOS\1.FICHA TECNICA.docx

Apéndice AA

Total de los resultados para Abarco.

ANEXOS\RESULTADOS ABARCO.xlsx

Apéndice AB

Total de los resultados para Eucalipto.

ANEXOS\RESULTADOS EUCALIPTO.xlsx

Apéndice AC

Total de los resultados para Maqui.

ANEXOS\RESULTADOS MAQUI.xlsx

Apéndice AD

Total de los resultados para Pino Patula.

ANEXOS\RESULTADOS PINO.xlsx

Apéndice AE

Total de los resultados para Sapan.

ANEXOS\RESULTADOS SAPAN.xlsx

Apéndice AF

Tabla comparativa de resultados.

ANEXOS\TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS.xlsx

Apéndice AG

Tabla comparativa de resultados atípicos eliminados.

ANEXOS\TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS ATIPICOS ELIMINADOS.xlsx