

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE *Manilkara bidentata* subsp.
surinamensis (Miq.) T. D. Penn. PARA USO ESTRUCTURAL SEGÚN
NORMA TÉCNICA E-010, SAN IGNACIO, PERÚ 2024**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
DENNIS ROMAN CARRANZA**

ASESOR

M. Sc. Ing. VITOLY BECERRA MONTALVO

JAÉN – PERÚ

2025



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Dennis Roman Carranza
DNI: 75481368
Escuela Profesional/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
2. Asesor:
Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
Facultad/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D.
Penn. PARA USO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA TÉCNICA E-010, SAN IGNACIO, PERÚ 2024
6. Fecha de evaluación: 19/07/2025
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 24 %
9. Código Documento: oid: 3117:474886348
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 19/07/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <hr/>
Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo DNI: 27727452

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los **cuatro** días del mes de **julio** del año dos mil veinticinco, se reunieron en el **Ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal- Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 232-2025-FCA-UNC, de fecha 12 de mayo 2025, con el objeto, de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. PARA USO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA TÉCNICA E-010, SAN IGNACIO, PERÚ 2024**", ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don DENNIS ROMAN CARRANZA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

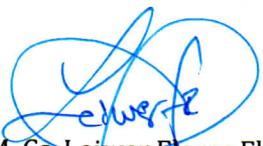
A las **dieciséis** horas y **treinta** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **quince (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las **diecisiete** horas y **catorce** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 04 de julio de 2025.


Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Francisco Fernando Aguirre De Los Ríos
SECRETARIO


Ing. M. Cs. Leiver Flores Flores
VOCAL


Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico con mucho amor esta tesis a mi señora madre Lucila y a mi querido padre Rosendo, quiénes con su apoyo y confianza han hecho posible mi superación y formación profesional. A mis hermanos y hermanas, con las que comparto todo lo que aprendo y de quiénes también sigo aprendiendo, ellos quiénes son mi inspiración y mis ganas de superarme cada día.

Dennis

AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios por guiarme y ser mi fortaleza en los momentos de debilidad.

A mis padres y hermanos por contribuir con su confianza y apoyo incondicional, con sus enseñanzas y los valores inculcados y sobre todo por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación.

De la misma manera a mi asesor, el Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo por la motivación, el tiempo dedicado y por haber compartido conmigo sus conocimientos y experiencias profesionales.

Expreso a todos ellos mi más sincero agradecimiento ya que de una u otra forma contribuyeron para que se hiciera posible la realización y culminación del presente estudio.

Dennis

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Antecedentes de la Investigación	12
2.2. Bases Teóricas	16
2.2.1. Madera Estructural	16
2.2.2. Normativa Peruana para la Construcción con Madera	18
2.2.3. Propiedades Físicas de la Madera estructural.....	19
2.2.4. Propiedades Mecánicas de la Madera estructural.....	20
2.2.5. <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn.	24
2.3. Definición de Términos Básicos	25
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	27
3.1. Localización de la Investigación	27
3.2. Tipo y Diseño de la Investigación	29
3.2.1. Matriz de Operacionalización de Variables	29
3.2.2. Unidad de Análisis – Población y Muestra	30
3.2.3. Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	31
3.2.4. Validación y Prueba de Confiabilidad de los Instrumentos	33
3.2.5. Técnica del Procesamiento y Análisis de Datos.....	33
3.2.6. Aspectos Éticos Considerados.....	34

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	35
4.1. Resultados.....	35
4.2. Discusiones.....	44
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1. Conclusiones.....	47
5.2. Recomendaciones	48
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
CAPÍTULO VII. ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Grupos según densidad básica para maderas latifoliadas	17
Tabla 2. Grupos según esfuerzos admisibles para maderas latifoliadas MPa (kg/cm ²).....	17
Tabla 3. Grupos según Módulo de elasticidad para madera latifoliadas MPa (kg/cm ²)	18
Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn	28
Tabla 5. Dimensión y número de probetas para ensayos según norma técnica.	29
tabla 6. Propiedades físicas de la madera <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn.....	34
Tabla 7. Resistencia a la flexión de la madera <i>Manilkara bidentata</i>	36
Tabla 8. Resistencia a la compresión paralela de la madera <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	37
Tabla 9. Resistencia a la compresión perpendicular de la madera <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn	38
Tabla 10. Resistencia al cizallamiento de la madera <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn	39
Tabla 11. Propiedades mecánicas de resistencia <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> ...	40
Tabla 12. Densidad básica para maderas latifoliadas.....	41
Tabla 13. Esfuerzos admisibles para maderas latifoliadas Mpa(kg/cm)	41
Tabla 14. Módulo de elasticidad para la madera latifoliadas MPc (kg/cm).....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la obtención de los árboles.....	28
Figura 2. Densidad básica de la <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	35
Figura 3. Contracción volumétrica <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	35
Figura 4. Humedad de la madera <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	36
Figura 5. Esfuerzo de ruptura de flexión de la madera <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	37
Figura 6. Esfuerzo a la deformación de flexión de la madera <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	38
Figura 7. Esfuerzo de ruptura de la compresión paralela de la madera de <i>Manilkara</i> <i>bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	39
Figura 8. Esfuerzo a la ruptura a la compresión perpendicular de la madera <i>Manilkara</i> <i>bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn	40
Figura 9. Esfuerzo de ruptura de cizallamiento de la madera <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn.....	41

RESUMEN

En la presente investigación realizada en San Ignacio, se buscó determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. para uso estructural según la norma técnica E.010. Para esto se realizó un muestreo de acuerdo a la norma NTP 251.008, obteniéndose cinco árboles, de donde se fabricaron las probetas para las propiedades físicas y mecánicas tomando en cuenta lo establecido por cada norma técnica para cada propiedad. Como resultado se obtuvo una densidad básica de $0,85 \text{ g.cm}^{-3}$, y una humedad máxima de 32,67 %; en cuanto a las propiedades mecánicas se obtuvo para la flexión un esfuerzo admisible de 21,65 Mpa, y un módulo de elasticidad promedio de 37646 Mpa; para compresión paralela al grano, se obtuvo un esfuerzo admisible de 14,77 Mpa; para compresión perpendicular al grano, se obtuvo un esfuerzo admisible de 6,13 Mpa; y, para el corte, se obtuvo un esfuerzo admisible de 2,27 Mpa. En cuanto a la clasificación, tanto por las propiedades físicas y mecánicas la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn., se encuentra en el grupo A. Se concluye que la madera de *Manilkara bidentata* subsp., *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn., presenta buenas propiedades físicas y mecánicas para su uso estructural, siendo recomendable usarlo en estructuras como vigas, columnas y durmientes.

Palabras clave: Esfuerzo admisible, propiedades físicas y mecánicas, uso estructural.

ABSTRACT

In the present investigation carried out in San Ignacio, the physical and mechanical properties of the wood of *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. were determined for structural use according to technical standard E.010. For this purpose, sampling was carried out according to standard NTP 251.008, obtaining five trees, from which the test tubes for the physical and mechanical properties were manufactured taking into account what is established by each technical standard for each property. As a result, a basic density of 0,85 g.cm⁻³ was obtained, and a maximum humidity of 32,67 %; in terms of mechanical properties, an allowable stress of 21,65 Mpa was obtained for bending, and an average elasticity modulus of 37,646 Mpa; for compression parallel to the grain, an allowable stress of 14,77 Mpa was obtained; for compression perpendicular to the grain, an allowable stress of 6,13 Mpa was obtained; and, for cutting, an allowable stress of 2,27 Mpa was obtained. Regarding the classification, both for the physical and mechanical properties, the wood of *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. is in group A. It is concluded that the wood of *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. presents good physical and mechanical properties for structural use, being advisable to use it in structures such as beams, columns and sleepers.

Keywords: Allowable stress, physical and mechanical properties, structural use.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La madera es uno de los materiales más ampliamente utilizados a nivel mundial, desempeñando un papel fundamental tanto en la construcción estructural y arquitectónica de edificaciones como en la fabricación de muebles y objetos decorativos. Dada su versatilidad y aplicabilidad en múltiples contextos, es crucial comprender las características y propiedades de las diversas especies maderables para asegurar su rendimiento óptimo en su uso previsto (Alca, 2024, p. 1).

El autor Gan et. al. (2019, p. 14) expresa que en el contexto de sostenibilidad en el ámbito de la construcción el uso de la madera como material constructivo ecológico ha adquirido gran relevancia. Zhu et al. (2020, p. 11) señala que la madera además de ser un material abundante y estéticamente agradable, presenta un menor espesor que conlleva ahorros significativos en el espacio durante la distribución de ambientes, convirtiéndola en una opción de construcción práctica y eficiente. No obstante, de acuerdo con Hussein et al. (2020, p. 50) es importante reconocer que la madera presenta limitaciones, y para determinar con precisión sus posibilidades de aplicación estructural, resulta fundamental comprender en detalle sus propiedades físicas y mecánicas. Este conocimiento proporciona las bases necesarias para evaluar la idoneidad de la madera en diferentes contextos de construcción, garantizando su desempeño óptimo y seguro.

En el contexto nacional, la riqueza de la flora arbórea en el Perú es innegable, con un recuento más reciente que registra la existencia de 4618 especies de árboles, incluyendo 471 especies endémicas y seis variedades endémicas (Vásquez et al., 2018, p. 17, 25). Sin embargo, resulta preocupante que apenas un 7,6 % de estas especies haya sido objeto de estudios tecnológicos básicos, lo que evidencia un significativo vacío en el conocimiento científico sobre estas importantes especies. Aún más alarmante es el hecho de que solo un 3,2 % de las especies arbóreas del país se aprovechen comercialmente por su madera. Esta situación resalta la urgencia de impulsar la investigación y el desarrollo en el ámbito tecnológico de la madera, con el fin de contribuir al aprovechamiento sostenible de las especies arbóreas en el Perú (Portal et al., 2020, p. 288).

Nuestro País se posiciona a nivel mundial como uno de los países con mayor extensión de bosques, ocupando el noveno lugar en términos de superficie forestal. Destaca

especialmente por su vasta área de bosques tropicales, donde se ubica en el cuarto lugar a nivel global, y sus bosques Amazónicos, donde se sitúa en el segundo puesto en términos de extensión forestal. La riqueza forestal del Perú se refleja en su diversidad de especies arbóreas, que sustentan una amplia gama de actividades comerciales y contribuyen al bienestar de las comunidades locales. Con más de 2500 especies de árboles con potencial para la producción de madera, el país cuenta con una notable base forestal que respalda sectores clave como la construcción y actividades afines; no obstante, solo 237 especies han sido comercializadas en el sector de la construcción y otras industrias relacionadas (MINAM, 2022). A pesar del notable potencial forestal que posee nuestro país, únicamente cinco especies forestales cuentan con certificación internacional para ser exportadas. Además, la norma técnica E.010 "Madera" del Registro Nacional de Empresas del Perú (R.N.E) reconoce tan solo 27 especies forestales con las cualidades físicas y mecánicas adecuadas para su uso estructural en el sector de la construcción nacional (Tello, 2023, p. 2).

En relación a lo anteriormente expuesto se resalta la necesidad de determinar las propiedades físicas y propiedades mecánicas de las diversas especies maderables presentes en nuestro país con el fin de ampliar el espectro de especies aptas para la construcción y de esta manera aportar con nuevos conocimientos que permita fomentar la diversificación y valorización de las especies maderables, así mismo, promover la gestión forestal sostenible mediante el aprovechando de manera eficiente los recursos forestales del Perú. Por lo tanto, se plantea la presente investigación en la cual se pretende determinar las propiedades físicas y mecánicas de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. para uso estructural según Norma Técnica E-010, esta especie está presente en nororiente peruano, específicamente en la provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca en donde la madera de dicha especie es utilizada por los pobladores de la zona de manera empírica en la construcción, en la zona de muestreo en el caserío El Triunfo, distrito de Huarango, se viene utilizando para construcción de viviendas desde hace más de cuarenta años, encontrándose viviendas aun en uso; esto denota su importancia, pero al mismo tiempo denota su limitado conocimiento científico del verdadero potencial de la especie. La investigación planteada es de mucha importancia para la innovación tecnológica en el sector forestal y constructivo en el área de realización estudio, así mismo servirá como base científica para otras investigaciones en especies parecidas que no cuenten con conocimiento técnico científico, para uso estructural. La pregunta de investigación formulada es ¿Cuáles son las propiedades físicas y

mecánicas de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. para uso estructural según norma técnica E.010?

Para el desarrollo del presente estudio se planteó como objetivo general: Determinar las propiedades físicas y mecánicas de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. para uso estructural según norma técnica E.010.

Los objetivos específicos fueron: a) determinar las propiedades físicas de densidad y contenido de humedad de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. para su uso estructural; b) determinar las propiedades mecánicas de flexión, compresión paralela, compresión perpendicular y corte de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. para su uso estructural; c) establecer el cumplimiento de las propiedades físicas y mecánicas de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. y su clasificación para su uso estructural según norma técnica E.010.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la Investigación

Acosta (2023) en su investigación realizada en Ecuador tuvo como objetivo analizar las propiedades físicas y mecánicas de *Cedrelinga Catenaeformis*, y su idoneidad como material estructural según la NEC 2015; para ello, se colectaron muestras del cantón Tena para la obtención de las probetas las cuales fueron ensayadas según la normativa ASTM D 143-14. Los resultados indicaron un contenido de humedad seca al aire del 23,25 % y densidad seca al aire de 0,61 g/cm³, en cuanto a las propiedades mecánicas se tuvo los siguientes valores: módulo de elasticidad de tracción paralela máximos de 17 603,29 MPa, compresión paralela de 4 459,86 MPa, flexión estática de 10 723 MPa, así como esfuerzos admisibles máximos para tracción paralela de 46,23 MPa, compresión paralela de 15,93 MPa y de flexión estática de 30,23 MPa. Se concluye que según Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015 capítulo 8) se considera como una especie maderable apta para usarse como un elemento estructural con ciertas limitaciones.

En un estudio llevado a cabo por Tanguila (2023) en Ecuador, se analizaron las propiedades mecánicas de la especie *Terminalia oblonga*. Para este propósito, se emplearon las normativas NEC-SE-MD y ASTM D 143 como marco de referencia. Los resultados obtenidos revelaron que esta especie presentó valores significativos en cuanto a su resistencia a diferentes tipos de fuerzas. En particular, se registraron una resistencia a la flexión perpendicular a la fibra de 21,71 MPa, compresión paralela a la fibra de 16,20 MPa, tracción paralela a la fibra de 10,94 MPa y 6,22 MPa en la dirección perpendicular a la fibra, así como una resistencia al corte paralelo a la fibra de 5,47 MPa.

En la investigación llevada a cabo por Abarca (2021) en Costa Rica tuvo como objetivo determinar las propiedades, el secado y la trabajabilidad de la madera de clones de *Swietenia macrophylla* de 8 años de edad. Como resultados se observó una resistencia a la compresión paralela de 2,5 MPa, mientras que en el ensayo de flexión se registraron un módulo de ruptura (MOR) de 1 MPa y un módulo de elasticidad (MOE) de 150 MPa. Estos datos indican la capacidad de la madera para soportar cargas tanto en compresión como en flexión. En cuanto a la trabajabilidad, se encontró que fue muy buena, lo que sugiere que la madera de estos clones de *Swietenia macrophylla* es fácil de manejar y trabajar durante los

procesos de fabricación y construcción. Sin embargo, en el proceso de secado se observaron algunos defectos, como rajaduras, alabeo y acanaladura. Estos resultados destacan la importancia de implementar técnicas adecuadas de secado y manejo post-cosecha para minimizar los efectos negativos en la calidad de la madera.

En el estudio realizado por Aldana et al. (2021) se llevaron a cabo evaluaciones de las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. Para este propósito, se emplearon las normas técnicas colombianas (NTC) como referencia. Los resultados obtenidos proporcionaron información detallada sobre las propiedades físicas y mecánicas de esta madera. En términos de propiedades físicas, se determinó una densidad básica de $0,67 \text{ g/cm}^3$, lo que la califica como madera pesada. Además, se observó un coeficiente de estabilidad dimensional de 1,65, lo que indica que se clasifica como madera normal, y una contracción volumétrica total del 13,5 %, considerada moderada. En cuanto a sus propiedades mecánicas, se registraron valores significativos, incluyendo una resistencia a la compresión paralela de $380,23 \text{ kg/cm}^2$, clasificada como media, resistencia a la compresión perpendicular de $149,36 \text{ kg/cm}^2$, considerada baja y la resistencia al cizallamiento fue $146,78 \text{ kg/cm}^2$. En base a estos resultados, se llegó a la conclusión de que la madera de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. es adecuada para una variedad de aplicaciones estructurales, incluyendo la fabricación de vigas, durmientes, columnas, pisos, puertas, mangos de herramientas y tableros

Alca (2024) realizó una investigación en la provincia La Convención, departamento Cusco, donde tuvo como objetivo determinar la densidad y propiedades mecánicas de la madera de la especie *Brosimum utile* (Palo Blanco) para su clasificación estructural según Norma E.010. Como parte de la metodología se utilizó dos árboles de los cuales se obtuvo un total de 240 probetas que fueron ensayadas teniendo en cuenta las Normas Técnicas Peruanas correspondientes. Los resultados indicaron que la madera de palo blanco tiene una densidad básica de $0,59 \text{ g/cm}^3$, presenta una alta resistencia en los casos de compresión paralela al grano (esfuerzo admisible $311,35 \text{ kg/cm}^2$), tensión paralela a las fibras (esfuerzo admisible $240,68 \text{ kg/cm}^2$) y cizallamiento paralelo al grano (esfuerzo admisible $30,16 \text{ kg/cm}^2$). Se concluye que la especie estudiada corresponde al grupo estructural B.

Tello (2023) determinó las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Ocotea Jelskii* para uso estructural según la normativa E.010, para ello metodológicamente se aplicó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental, la madera estudiada provino del distritito de Tabaconas, provincia de San Ignacio, región Cajamarca, se usaron un total de 88

probetas las cuales fueron sometidas a los ensayos según las Normas Técnicas Peruanas correspondientes. Los resultados arrojaron que la madera de *Ocotea jelskii* presenta como propiedades físicas una densidad de $0,48 \text{ g/cm}^3$ y contenido de humedad de $11,97 \%$, clasificada como densidad media alta, así mismo las propiedades mecánicas fueron compresión perpendicular $1,61 \text{ MPa}$, Compresión Paralela 7.93 MPa , Flexión Estática $10,68 \text{ MPa}$ y Cizallamiento $1,73 \text{ MPa}$. Luego de comparar los resultados con la Norma E.010, se concluyó que la madera estudiada pertenece al grupo C, por lo tanto, si puede ser utilizada estructuralmente.

Vásquez y Silva (2023) determinó las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus radiata* en el C.P. Santa Clara, Chalamarca para su aplicación estructural, para ello se empleó cinco árboles con diámetro mayor a $12''$ de los cuales se obtuvo 40 probetas que fueron sometidas a los ensayos de acuerdo a las Normas Peruanas correspondientes. Los resultados obtenidos revelaron que la densidad básica promedio de la madera fue de $0,50 \text{ g/cm}^3$. En cuanto al módulo de elasticidad (MOE), se observó que en las direcciones paralela y perpendicular superó los $90\,000,0 \text{ kg/cm}^2$. Sin embargo, en el caso de la flexión estática, el MOE se situó en $55\,000,0 \text{ kg/cm}^2$. Respecto a los esfuerzos admisibles a flexión, compresión paralela, perpendicular, tracción paralela y corte paralelo, se determinaron valores de $81,79 \text{ kg/cm}^2$, $90,25 \text{ kg/cm}^2$, $112,53 \text{ kg/cm}^2$, $143,63 \text{ kg/cm}^2$ y $8,10 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente. Se concluye que, aunque la madera de *Pinus radiata* no se encuentra clasificada dentro del grupo C, los resultados sugieren que aun así puede ser utilizada en elementos como pilares, tijerales, correas y armaduras, donde pueda desempeñar un papel relevante y seguro.

Quispe (2022) realizó un análisis comparativo de la resistencia a la flexión en vigas de madera de *Manilkara bidentata* (A.DC.) A. Check y *Dipteryx micrantha* Harm comercializadas en el distrito de Irazola, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali. Los resultados indicaron que la madera de *Manilkara bidentata* (A.DC.) A. Check presentó un contenido de humedad relativa de $14,89 \%$, densidad básica de $0,72 \text{ g/cm}^3$, módulo de elasticidad en flexión (MOE) de $172\,214,20 \text{ kg/cm}^2$ y Flexión estática-módulo de rotura (MOR) de 998 kg/cm^2 , en comparación a la madera de *Dipteryx micrantha* Harm la cual tuvo un contenido de humedad relativa de $15,03 \%$, densidad básica de $0,75 \text{ g/cm}^3$, módulo de elasticidad en flexión (MOE) de $151\,134 \text{ kg/cm}^2$ y Flexión estática-módulo de rotura (MOR) de 980 kg/cm^2 . Se concluyó que ambas maderas pertenecen al grupo A según Norma E.010-2021 por lo que puede utilizarse en vigas y estructuras.

Valdera et al. (2021) realizaron una investigación en la cual compararon las propiedades físico-mecánicas de las maderas eucalipto (E), tornillo (T) y copaiba (C) para su uso en encofrado; para ello se ensayó 120 probetas por especie siendo un total de 360 probetas. Los resultados fueron Contenido de Humedad (E=14,97 %, T=11,16 %, C=18,92 %), Densidad Básica (E=0,851 gr/cm³, T=0,663 gr/cm³, C=0,888 gr/cm³), Módulo de Elasticidad de la Compresión Paralela al Grano (E=1 928,78 kg/cm², T=2 730,09 kg/cm², C=2 699,70 kg/cm²), Esfuerzos en el Límite de Proporcionalidad de Compresión Perpendicular al Grano (E=70,06 kg/cm², T=60,16 kg/cm², C=52,42 kg/cm²) y Módulo de Elasticidad de la Flexión Estática (E=329 473,63 kg/cm², T=261 823,27 kg/cm², C=120 437,22 kg/cm²). Se concluyó que las maderas de tornillo y eucalipto son las más recomendables para ser usadas en encofrados.

López (2021) determinó las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Manilkara bidentata* como material de construcción en Iquitos, mitológicamente fue una investigación con diseño no experimental – Transeccional descriptivo, las probetas se condicionaron y ensayaron teniendo en cuenta las Normas Técnicas Peruanas correspondientes. Los resultados indicaron como propiedades físicas una densidad básica de 0,68 g/cm³ y un CH seco al aire de 13,79 %, Contracción de tangencial de 5,55 %, Contracción radial de 5,00 % y Contracción volumétrica de 10,85 %, en cuanto a las propiedades mecánicas se tuvo una flexión estática (MOR=Módulo de Rotura) de 1 006,64 kg/cm², resistencia máxima promedio de la compresión paralela de 574,35 kg/cm², compresión perpendicular (ELP=Esfuerzo de la fibra al límite proporcional) de 192,70 kg/cm² y cizallamiento de 123,43 kg/cm². Se concluyó que según la Norma E.010. la madera de la especie estudiada pertenece al Grupo B, madera de muy alta densidad recomendándose trabajarla en estado verde para facilitar su clavado y labrado, además según el Rango de clasificación de las maderas según sus propiedades físicas y mecánicas, realizadas por Aróstegui Vargas y Baluarte (1991), la madera de *Manilkara bidentata* presenta un comportamiento mecánico muy alto.

Méndez (2020) realizó una investigación sobre el comportamiento higroscópico de la madera aserrada de ocho especies forestales de uso estructural en Pucallpa – Perú, entre las especies estudiadas estuvo *Manilkara bidentata* (A.D.C) A. Chev, de la cual se tuvo como resultados un contenido de humedad saturada quinilla colorada 48,5 %, densidad anhidra o

seca al horno de 1,00 g/cm³, densidad seca al aire de 1,05 g/cm³ y contracción volumétrica total 18,73 %.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Madera estructural

A lo largo de la historia, la madera ha sido un material primordial en la construcción, reconocida por su notable resistencia mecánica, propiedades físicas únicas, su belleza y su relativa ligereza. Esta afirmación se evidencia a través de numerosas estructuras de madera en diversos países, muchas de las cuales han sido oficialmente reconocidas como Patrimonio de la Humanidad. En los últimos años, ha surgido un creciente interés a nivel global en el uso de la madera en la construcción, esto se debe a una serie de factores que han posicionado a la madera como el material preferido en el diseño arquitectónico contemporáneo. Entre estos factores se encuentran las destacadas características de la madera como material estructural eficiente y sostenible, así como sus ventajas y posibilidades reconocidas en el ámbito constructivo. Además, la estandarización de los procesos de diseño y cálculo, junto con los avances tecnológicos en la fabricación y montaje de estructuras de madera, han contribuido a su creciente demanda en la industria. Como resultado, se observa un aumento en la demanda de madera, una mayor cantidad de proyectos que incorporan este material en su diseño, y un incremento en la capacitación y formación sobre la construcción con madera (García y Benedetti, 2021, p. 1).

La madera estructural se define como aquella que está sometida a cargas permanentes y específicas, lo que resalta la importancia de llevar a cabo un análisis y diseño estructural adecuado. Este tipo de madera se utiliza en una variedad de elementos estructurales, como columnas, vigas, tijerales, entre otros, lo que subraya la necesidad de comprender sus propiedades físicas y mecánicas fundamentales, como la densidad básica, el contenido de humedad y los esfuerzos admisibles (Rubio, 2021, p. 31). Cuando se emplea madera en diseños estructurales, es crucial asegurar su estabilidad mediante parámetros específicos. Estos parámetros están definidos en regulaciones técnicas establecidas por instituciones oficiales, las cuales proporcionan directrices para el diseño de estructuras que puedan resistir los esfuerzos generados por las cargas durante la construcción, así como las condiciones ambientales que podrían afectar otros componentes estructurales (Castellanos, 2023, p. 1). En el caso de Perú, la normativa técnica NTP E.010 establece los parámetros mínimos que deben

cumplir las piezas de madera para ser consideradas elementos estructurales. Para ello, es necesario que el material sea seleccionado de acuerdo con los requisitos de esta norma, que provenga de especies forestales aptas para su uso estructural y que esté clasificado dentro de los grupos estructurales especificados en la misma norma. Además, la madera debe estar adecuadamente segmentada y con las medidas y secciones apropiadas para la construcción, según lo establecido en las normativas correspondientes (Rubio, 2021, p. 31).

Agrupamiento Estructural de las Maderas (según: Normas Técnicas Peruanas – NTP). La agrupación de la madera se fundamenta en valores numéricos, específicamente en la densidad básica y en la resistencia mecánica. Estos parámetros definen la agrupación de la madera en diferentes categorías según su densidad básica, esfuerzo admisible y módulos de elasticidad, que se dividen en grupos A, B, C y D (Rubio, 2021, p. 32). Es así que la NTP E.010 Madera del RNE brinda las siguientes tablas para el caso de las maderas latifoliadas.

Tabla 1
Grupos según densidad básica para maderas latifoliadas

Grupo	Densidad Básica (g/cm³)
A	$\geq 0,71$
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55
D	0,36 a 0,39

Nota. Tabla obtenida de la NTP E.010 Madera del RNE (MVCS, 2021, p. 43).

Tabla 2
Grupos según esfuerzos admisibles para maderas latifoliadas MPa (kg/cm²)

Grupo	Flexión f_m	Tracción Paralela f_t	Compresión Paralela $f_c//$	Compresión Perpendicular $f_c \perp$	Corte Paralelo f_v
A	20,6 (210)	14,2 (145)	14,2 (145)	3,9 (40)	1,5 (15)
B	14,7 (150)	10,3 (105)	10,8 (110)	2,7 (28)	1,2 (12)
C	9,8 (100)	7,3 (75)	7,8 (80)	1,5 (15)	0,8 (8)
D	6,8 (70)	5,8 (60)	6,2 (63)	1,3 (13)	0,6 (6)

Contenido de humedad < 22 %

Nota. Tabla obtenida de la NTP E.010 Madera del RNE (MVCS, 2021, p. 43).

Tabla 3*Grupos según Módulo de elasticidad para madera latifoliadas MPa (kg/cm²)*

Grupo	E_{min}	E_{prom}
A	9 316 (95 000)	12 748 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	8 826 (90 000)
D	4 414 (45 000)	6 400 (65 000)

Nota. Tabla obtenida de la NTP E.010 Madera del RNE (MVCS, 2021, p. 44).

2.2.2. Normativa Peruana para la Construcción con Madera

Norma Técnica E.010 Madera del Reglamento Nacional de Edificaciones. Esta normativa peruana fue desarrollada con el propósito de establecer los requisitos mínimos para el diseño de estructuras de edificación utilizando madera, ya sea como único material o combinada con otros. Su objetivo primordial es garantizar la seguridad de las construcciones realizadas con este material, protegiendo así la integridad de quienes las ocupan y habitando, y asegurando la durabilidad de las estructuras construidas. La aplicación de esta norma es de carácter obligatorio a nivel nacional, tanto para las entidades gubernamentales de los tres niveles de gobierno como para profesionales, empresas e instituciones involucradas en el diseño y construcción de edificaciones contempladas en la misma. La NTP E.010 consta de trece capítulos y cincuenta artículos que abarcan diversos aspectos, desde consideraciones generales sobre la madera y sus productos derivados hasta lineamientos específicos para el diseño, proyecto y ejecución de obras con madera. Se detallan las propiedades físicas y mecánicas de la madera, así como los diseños de elementos estructurales en diferentes situaciones de carga, como flexión, tracción, compresión y corte. Además, esta normativa facilita la clasificación de la madera en grupos estructurales A, B, C y D en función de criterios como densidad, esfuerzos admisibles y otros parámetros relevantes. Asimismo, proporciona una lista de especies clasificadas previamente dentro de cada grupo (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2021, p. 1-53).

2.2.3. *Propiedades Físicas de la Madera estructural*

Son atributos cuantitativos de la madera que determinan su respuesta ante las condiciones ambientales, y su comprensión es crucial debido a su impacto en el desempeño y la vida útil de la madera como componente estructural (Chicaiza, 2022, p. 20).

Contenido de Humedad. El contenido de humedad de la madera se refiere a la cantidad de agua y compuestos volátiles que la madera puede contener, expresada como un porcentaje del peso seco obtenido en una estufa a una temperatura específica de 103 ± 2 °C. El método más preciso y científicamente aceptado para determinar el contenido de agua en la madera implica la evaporación del agua presente en la muestra, seguida de la medición del peso resultante y calcular el contenido por diferencia de pesos (Suirezs y Berger, 2009, p. 21).

Según la NTP 251.010 (2014, p. 10) el contenido de humedad de la madera se determina con la fórmula siguiente:

$$CH\% = \frac{m1 - m2}{m2} * 100$$

Donde:

m1= masa de la probeta antes de ser secada (g).

m2 = masa de la probeta después de ser secada en la estufa (g).

Densidad básica. Uno de los principales requisitos para que la madera cumpla con los estándares estructurales es su densidad, la cual está estrechamente relacionada con su dureza y resistencia (Barrera et al., 2022, p. 208).

Según la NTP 251.011-2014 (actualizada en 2019) la densidad básica es el cociente entre el peso de la probeta anhidra (secado al horno) y el volumen en estado saturado, para determinar esta propiedad se usa probetas en formas de prismas rectos cuyas dimensiones de 3 cm x 3 cm x 10 cm las cuales se secan en un horno a una temperatura de 103 °C \pm 2 °C hasta alcanzar peso constante y para su cálculo se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{Densidad básica (g/cm}^3\text{)} = \frac{Psh}{Vs}$$

Donde:

Psh: Peso de la probeta seca al horno (g).

Vs: Volumen de la probeta en estado saturado (cm³).

Contracción. La contracción de la madera se refiere a la reducción en sus dimensiones debido a la pérdida de humedad al medio ambiente, siendo esencial distinguir entre una contracción normal y anormal. La contracción normal se produce cuando el contenido de humedad de la madera está por debajo del punto de saturación de las fibras, manifestándose de manera armoniosa como una disminución en sus dimensiones debido a la pérdida de agua ligada a las paredes celulares. Por otro lado, la contracción anormal, conocida como colapso, se caracteriza por alteraciones significativas en la dimensión y forma de la madera, ocurriendo cuando el contenido de humedad supera el punto de saturación de las fibras. La contracción tangencial es mayor que la radial, y esta última, a su vez, es mayor que la longitudinal. Se clasifica a las maderas según su contracción volumétrica, que varía entre gran contracción (20 % - 15 %), contracción media (15 % - 10 %) y pequeña contracción (10 % - 5 %). La madera experimenta cambios de volumen según su contenido de humedad, contrayéndose cuando pierde agua. Estas contracciones pueden ocasionar tensiones que generan grietas y deformaciones, siendo mayor en la albura que en el duramen. La contracción longitudinal de la madera varía entre 0,1 % y 0,9 %, siendo mayor en madera juvenil, de compresión o de tensión. Se ha observado que la contracción longitudinal varía inversamente con la densidad de la madera. En cuanto a la contracción tangencial y radial, sus valores fluctúan entre 3,5 % y 15 %, y entre 2,4 % y 11 %, respectivamente. Para calcular la contracción total, se desprecia la contracción longitudinal y se considera únicamente la contracción tangencial y radial. La relación entre la contracción tangencial y radial es crucial para determinar la idoneidad de una especie de madera para un propósito específico (Méndez, 2020, pp. 29-33).

2.2.4. *Propiedades Mecánicas de la Madera estructural*

Según lo indicado por Chicaiza (2022, p. 22) las propiedades mecánicas de la madera son atributos cuantitativos que definen su comportamiento bajo cargas externas y su capacidad para resistirlas. Estos valores se determinan mediante ensayos de laboratorio realizados en muestras de madera libres de defectos.

Compresión paralela. Osis y Muñoz (2022, p. 16), señala que la resistencia de compresión de la madera se refiere a su capacidad para soportar cargas que tienden a aplastarla, lo que resulta en una reducción de su longitud y un aumento de su sección

transversal. Esta propiedad es especialmente relevante cuando la madera funciona como columna.

De acuerdo con la NTP 251.014 (2014, p. 4) para determinar esta propiedad se emplea las fórmulas siguientes:

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

$$ELP = \frac{P'}{A}$$

Donde:

RM : resistencia máxima por compresión axial, en kg/cm².

ELP : esfuerzo al límite proporcional, en kg/cm².

P' : carga soportada por la probeta hasta el límite proporcional, en kg.

P : carga máxima soportada por la probeta, en kg.

A : área de la sección transversal de la probeta calculada antes del ensayo, en cm²

Compresión perpendicular. Osis y Muñoz (2022, p. 17) señala que la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras es una medida de la capacidad de la madera para resistir cargas que producen su aplastamiento en dirección normal a las fibras. Este parámetro es de gran importancia en el diseño estructural de elementos de madera.

De acuerdo con NTP 251.016 (2015, p. 5) para determinar esta propiedad se emplea la fórmula siguiente:

$$ELP = \frac{P'}{S}$$

Donde:

ELP : esfuerzo al límite proporcional en Kg/cm²

P' : carga al límite proporcional

S : superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión medida en cm²

Flexión estática. Según señala Sánchez (2021, como se citó en Vásquez, 2023, p. 38) la resistencia a la flexión de la madera se refiere a su capacidad para resistir las cargas aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal. Este tipo de carga tiende a doblar o flexionar la madera, y su resistencia es crucial para determinar la estabilidad y la capacidad de carga de las estructuras construidas con este material. Por su parte Sotomayor (2015, p. 211)

expresa que los ensayos de flexión estática se emplean para calcular los módulos de elasticidad y de ruptura de la madera. Estos parámetros son fundamentales para el diseño estructural y se utilizan como puntos de referencia durante las inspecciones “in situ” de elementos estructurales.

Según NTP 251.017 (2019, pp. 6-8) los resultados de la flexión estática se expresan de la siguiente forma:

- Determinación de la carga al límite proporcional (P'): La carga al límite proporcional, se determina sobre la curva carga – deformación, trazando una tangente desde cero y que corresponde al punto de carga donde la tangente se separa de la curva.
- Cálculo del esfuerzo de la fibra al límite proporcional (ELP): se calcula según la fórmula siguiente:

$$ELP = \frac{3 P' L}{2 a e^2}$$

Donde:

ELP: esfuerzo de la fibra al límite proporcional en kg/cm^2

P' : carga al límite proporcional en kg.

L : distancia entre soportes, luz de la probeta en cm.

a : ancho de la probeta en cm.

e : espesor de la probeta en cm.

- Cálculo del módulo de ruptura (MOR): Se calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

MOR : módulo de ruptura en kg/cm^2 .

P : carga máxima en kg.

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

a : ancho de la probeta en cm.

e : espesor de la probeta en cm.

- Cálculo del módulo de elasticidad (MOE): Se calcula con la siguiente fórmula:

$$MOE = \frac{P' L^3}{4 a e^3 Y}$$

Donde :

MOE : módulo de elasticidad en kg/cm^2

P' : carga al límite proporcional en kg.

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

a : ancho de la probeta en cm.

e : espesor de la probeta en cm.

Y : deflexión en el centro de la luz al límite proporcional en cm.

Cizallamiento. La capacidad de la madera para resistir fuerzas que intentan provocar el deslizamiento de una parte del material sobre la parte adyacente se conoce como su resistencia al cizallamiento. Este deslizamiento ocurre paralelo a las fibras de la madera; si ocurre perpendicular a ellas, la madera no se rompe debido a su alta resistencia en esta dirección, y se rompe por otro efecto (Navarro y Sánchez, 2021). Para determinar esta propiedad la norma NTP 251.013-2015 proporciona una fórmula específica.

$$\text{Resistencia cizallamiento} = \frac{P'}{A} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Donde:

P : peso máximo soportado por la muestra en kg.

A : superficie en que se origina el cizallamiento en cm^2 .

Dureza. Según señala Ccahuana (2019, p. 38) la dureza de la madera se refiere a su capacidad para resistir la penetración de objetos como clavos o tornillos, así como su susceptibilidad a ser trabajada con herramientas como el aserrío o el cepillado. Por lo general, una mayor densidad se correlaciona con una mayor dureza. En la estructura de la madera, el duramen suele ser más duro que la albura. Además, las maderas con fibras de paredes gruesas, pocos vasos y parénquima apotraqueal tienden a ser más duras que aquellas con fibras de paredes medianas, numerosos vasos o parénquima paratraqueal. Otros factores que influyen en la dureza incluyen la edad de la madera, siendo la madera tardía generalmente más dura que la temprana. La presencia de inclusiones como cristales inorgánicos también puede afectar la dureza. Además, el grano recto se asocia con una menor resistencia a la penetración de objetos en comparación con maderas con grano irregular. Finalmente, el plano de corte también puede influir en la percepción de la dureza de la madera.

2.2.5. *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn.

Taxonomía. Según Tropicos (2024) la especie estudiada en la presente investigación se clasifica taxonómicamente como se detalla a continuación.

- Clase : Equisetopsida C. Agardh
- Subclase : Magnoliidae Novák ex Takht.
- Superorden : Asteranae Takht.
- Orden : Ericales Bercht. y J. Presl
- Familia : Sapotaceae Juss.
- Género : *Manilkara* Adans.
- Especie : *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev.
- Subespecie : *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn.

Descripción dendrológica. Este árbol puede crecer hasta 35 m de altura y alcanzar un diámetro de 150 cm, presenta un fuste cilíndrico. Su corteza exterior es de color marrón rojizo y profundamente fisurada, con un ritidoma coriáceo que se desprende en con placas rectangulares. La corteza interna es de color rosado blanquecino y libera un látex blanco y pegajoso al ser cortada. Las ramitas terminales son cilíndricas y tienen numerosas cicatrices foliares, así como estípulas de 2,6 - 4,4 mm longitud. Las hojas son simples, alternas y dispuestas en espiral en las ramitas, con forma obovada, oblonga u oblanceolada. Tienen un ápice redondeado y una base aguda, con nerviación pinnada. Las inflorescencias se encuentran en fascículos axilares y las flores son hermafroditas, con sépalos y corola lobulada. Los frutos son bayas globosas o elipsoides, comestibles y dulces, con una semilla comprimida, con una cicatriz basal y ventral (Aguirre, 2015, p. 47).

Distribución. *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* se distribuye desde República Dominicana, Puerto Rico, Islas Virgíneas, toda la Amazonía colombiana, venezolana, las Guyanas, Surinam, Guyanas Francesas, Amazonía Ecuatoriana y Peruana; en Brasil en los estados de Amapá, Amazonas, Pará, Roraima (Penningtón, 1990; como se citó en Aguirre, 2015, p. 7). según Trópicos (2024) se encuentra en Perú, Bolivia, Ecuador. En Perú se encuentra en los departamentos de Cajamarca, Amazonas, Loreto y Madre de Dios (OSINFOR, 2020, p. 271). También se distribuye en las regiones de San Martín, Huánuco, Pasco y Junín. En la región Cajamarca un estudio identificó que las áreas más densamente pobladas con esta especie estaban en el distrito de Huarango, con una densidad de 12-15

árboles por hectárea, seguido por San José de Lourdes y San Ignacio, con 6-8 árboles por hectárea, mientras que Namballe y Tabaconas tenían los valores más bajos, de 2-4 árboles por hectárea, respectivamente (Aguirre, 2015, p. 51).

Habitad. La especie crece en formaciones ecológicas de bosque seco tropical (bs-T) (Méndez, 2020, p. 10).

Propiedades de su madera. No se encontró información respecto a las propiedades de la madera de la sub especie *surinamensis*, sin embargo, se detalla las propiedades de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* las cuales son: Anatómicas: Albura de color marrón pálido, duramen de color rojo claro / rosado, no presenta brillo, grano recto algunas veces entrecruzado, textura fina, sin veteado característico y olor ausente o no distintivo (Méndez, 2020, pp. 8-11). Físicas: Densidad básica 0,87 g/cm³, contracción tangencial 11,01 %, radial 6,76 %, volumétrica 15,80 % y relación T/R 2,20. Mecánicas: módulo de elasticidad en flexión 184 000 kg/cm², módulo de ruptura en flexión 1 204 kg/cm², compresión paralela 476 kg/cm², compresión perpendicular 140 kg/cm², corte paralelo a las fibras 135 kg/cm² y dureza en los lados 1090 kg/cm² (Quispe, 2022, p. 37).

Usos. Construcción pesada, horcones, cimientos, durmientes, parquet, piezas de puente, postes, Chapas decorativas, artesanía, herramientas (Méndez, 2020, p. 11).

2.3. Definición de términos básicos

Madera para uso estructural. El uso estructural de la madera se aplica a aquellas piezas que cumplen con ciertos criterios indispensables: mantienen un contenido de humedad en armonía con el entorno donde serán utilizadas, no excediendo el 22 %; presentan una adecuada durabilidad y han sido tratadas para su preservación de forma apropiada. Por lo general, se emplea madera aserrada que ha sido previamente clasificada visualmente según estándares específicos y que cumple con las normativas de clasificación establecidas. Estas maderas estructurales son fundamentales en la conformación del armazón principal de una edificación (Chura y Muchica, 2021, p. 25).

Norma Técnica E. 010. Esta normativa peruana fue desarrollada con el propósito de establecer los requisitos mínimos para el diseño de estructuras de edificación utilizando madera, ya sea como único material o combinada con otros (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2021, pp. 1-53).

Esfuerzo admisible. En un elemento estructural de madera se refiere a su capacidad para resistir las cargas de forma elástica y permanente bajo condiciones típicas de trabajo. Este esfuerzo se determina considerando la tensión básica del material y aplicando un factor de corrección para tener en cuenta los efectos de los defectos permitidos en la madera específica que se está utilizando (Alvis-Gordo et al., 2017, como se citó en Vásquez, 2023, p. 11).

Flexión. Se refiere a la capacidad de la madera para doblarse o curvarse sin romperse en el sentido longitudinal. Es una característica fundamental que determina la versatilidad y resistencia de la madera en numerosas aplicaciones, permitiendo su uso en estructuras donde se requiere adaptabilidad y capacidad de absorción de cargas variables (Chura y Muchica, 2021, p. 25).

Módulo de ruptura (MOR). Es un indicador de su capacidad para resistir la fractura bajo cargas de flexión. Se refiere a la máxima tensión que puede soportar antes de romperse cuando se aplica una fuerza que la obliga a doblarse (Dutan et al., 2023, p. 298).

Módulo de elasticidad (MOE). Indica la rigidez de la madera, es decir cuantifica la resistencia de la madera a la deformación y su capacidad para mantener su forma original cuando se somete a fuerzas externas (Uc Sosa, 2022, p. 9).

Troza. Se refiere a la sección del tronco del árbol seleccionado, obtenida mediante un corte transversal, que presenta una longitud variable y está libre de ramas. Esta sección representa la muestra utilizada en los estudios a realizar (Chuquimango, 2020, p. 27).

Probeta. Se trata de una pieza con dimensiones y forma precisas, elaborada a partir de las viguetas previamente seleccionadas (Chuquimango, 2020, p. 27).

Vigueta. Es la parte específica extraída de la troza, que se utiliza como base para preparar las muestras (Chuquimango, 2020, p. 27).

CAPÍTULO III

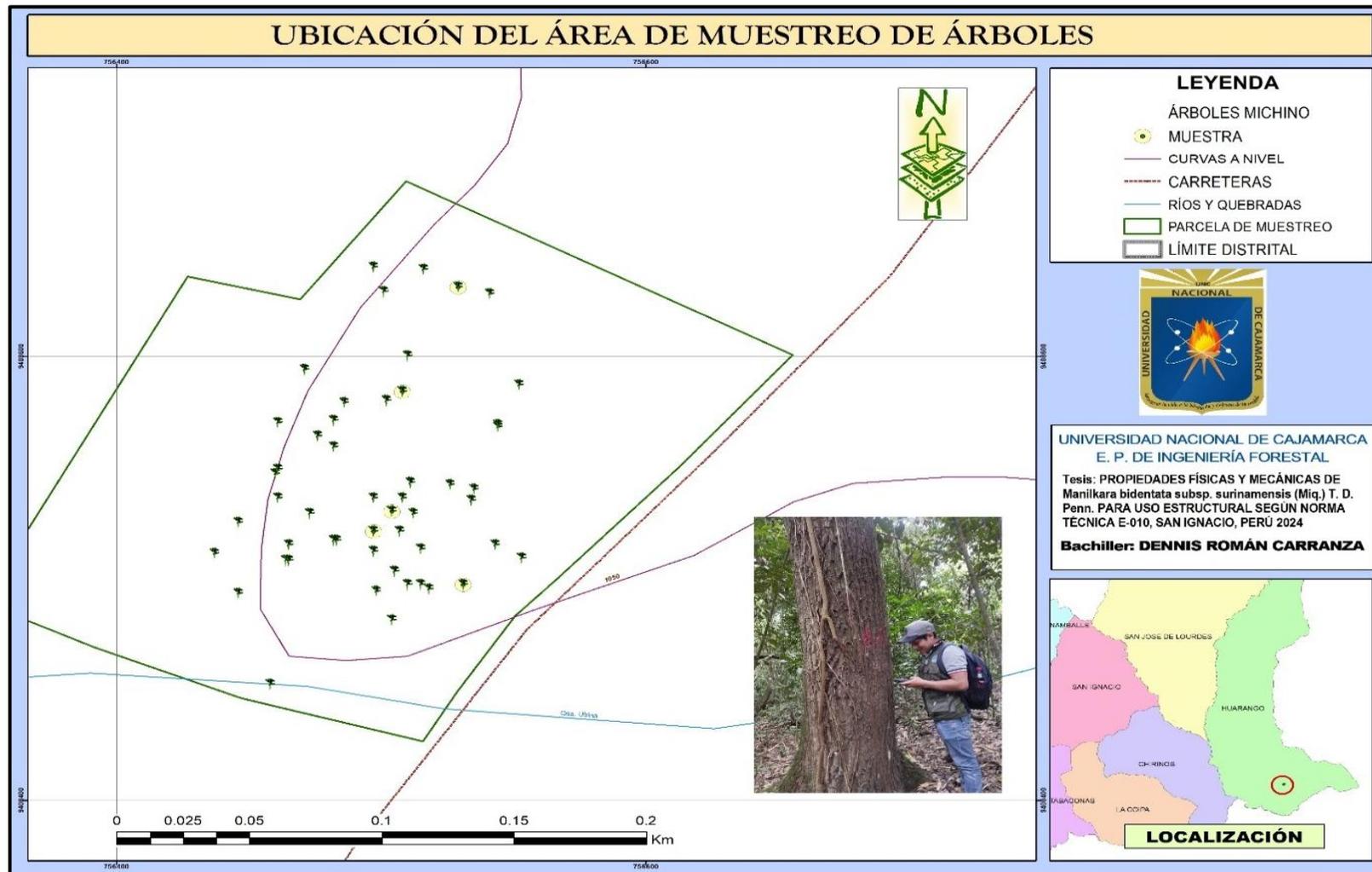
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización de la Investigación

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Jaén, en las instalaciones del laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Cajamarca – Filial Jaén (Figura 1). No obstante, los árboles que se emplearon en el estudio fueron obtenidos en el caserío El Triunfo del distrito de Huarango, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca. En la figura 1, se muestra la dispersión de los árboles inventariados de donde se obtuvo la muestra.

Figura 1

Mapa de ubicación de la obtención de los árboles



Nota. La dispersión de los árboles, se realiza según su georreferenciación en el inventario.

3.2. Tipo y Diseño de la Investigación

Según lo expuesto por Gallardo (2017, pp. 53, 55) “una investigación descriptiva es aquella que busca especificar propiedades, características y perfiles de personas, objetos o cualquier otro fenómeno con el fin de establecer su estructura o comportamiento. La investigación aplicada busca la utilización de los conocimientos adquiridos en la solución de un problema específico, su finalidad es la aplicación directa de los resultados para mejorar o innovar en un área particular”. Tomando en cuenta la definición precedente, la investigación realizada se clasificó como descriptiva, aplicada y no experimental, ya que tuvo como objetivo principal determinar las propiedades físicas y mecánicas de la especie forestal en estudio, para determinar su uso como madera estructural, según una Norma Técnica; desde esta perspectiva también se clasifica como una investigación tecnológica.

Un diseño no experimental es aquel en el que no se manipulan intencionalmente las variables, se fundamenta principalmente en observar los fenómenos tal como ocurren en su entorno natural, para luego analizarlos (Dzul, s.f., p. 2). De acuerdo a lo mencionado, la presente investigación tuvo un diseño no experimental, debido a que el objeto de estudio, es descrito sin necesidad de modificar su naturaleza a discreción del investigador para generar efectos en variables dependientes: solo se realizaron cortes para obtener probetas estándar.

3.2.1. Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 4

Matriz de operacionalización de variables de la investigación

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala
Propiedades físicas y mecánicas	Las propiedades físicas son características cuantitativas que definen el comportamiento de la madera frente a influencias del entorno Las propiedades mecánicas son características cuantitativas de la madera que determinan su rendimiento y capacidad de soportar cargas externas (Chicaiza, 2022).	Propiedades físicas	Densidad básica (g/cm ³)	De razón
			Contenido de humedad (%)	
		Propiedades mecánicas	Flexión (Mpa)	De razón
			Compresión paralela (Mpa)	
			Compresión perpendicular (Mpa)	
			Corte (Mpa)	

3.2.2. *Unidad de análisis, población y muestra*

Población. “La población se refiere al grupo completo de elementos, ya sea finito o infinito, que comparten características similares y sobre los cuales se aplicarán las conclusiones de la investigación” (Arias, 2006, p. 81). En este estudio, la población bajo investigación estuvo constituida por la totalidad de los árboles de la especie *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. presentes en el distrito de Huarango. La población objetivo, por otro lado, se refiere específicamente a los árboles de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. localizados en el caserío El Triunfo seleccionado para la obtención de la muestra.

Muestra. “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población” (Arias, 2006, p. 81). La muestra estuvo compuesta por los árboles seleccionados específicamente para la obtención de las probetas, las cuales fueron sometidas a ensayos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas. El proceso de muestreo se llevó a cabo utilizando un enfoque no probabilístico. Esto se debe a que el número de muestras está predefinido por la Norma Técnica Peruana (NTP) 251.008, que establece el número requerido de árboles para evaluar tanto las propiedades físicas como las mecánicas. Según esta norma, para el nivel de investigación inicial y exploratorio que se va a realizar, se deben seleccionar al azar 5 árboles de los existentes, siempre y cuando tengan un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor de 30 cm, lo que garantiza su viabilidad para el proceso de aserrío. El número de probetas utilizadas para determinar las propiedades físicas y mecánicas está establecido en cada norma técnica específica para cada propiedad en particular (Tabla 5). Esto asegura que se cumplan con los estándares y protocolos establecidos para la obtención de datos precisos y confiables en el contexto del estudio.

Unidad de análisis. La unidad de análisis consistió en las probetas de madera que fueron sometidas a ensayos específicos con el propósito de determinar las propiedades físicas y mecánicas de dicha madera. Las dimensiones y número de probetas se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 5*Dimensión y número de probetas para ensayos según norma técnica*

Propiedad de la madera	Dimensiones (cm)	Nº probetas/ árbol	Norma Técnica referencia
Densidad	3 x 3 x 10	10	NTP 251.011:2014
Contenido de humedad	3 x 3 x 10	10	NTP 251.010:2014
Flexión estática	5 x 5 x 40	2	NTP 251.107:2014
Compresión paralela al grano	5 x 5 x 20	2	NTP 251.014:2015
Compresión perpendicular al grano	5 x 5 x 15	2	NTP 251.016: 2015
Cizallamiento o corte	5 x 5 x 6.5	2	NTP 251.013: 2015

3.2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Fuentes. “Son todos los recursos de los que se obtiene la información necesaria para entender una situación o resolver un problema. Esta información se utiliza posteriormente para alcanzar los objetivos establecidos” (Miranda y Acosta, 2008, p. 2). En este estudio, los datos fueron obtenidos exclusivamente de fuentes primarias. Esto significa que la información relevante fue recabada directamente de los ensayos realizados en el laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de interés. Las fuentes primarias implican la obtención de datos de primera mano, sin intervención de intermediarios o fuentes secundarias. En el contexto de esta investigación, los datos provinieron directamente de las mediciones, observaciones y análisis llevados a cabo durante los ensayos en el laboratorio.

Técnicas. “Implica la implementación y elaboración de estrategias detalladas destinadas a recaudar la información requerida” (Arias, 2012, p.67). En el presente trabajo la Técnica utilizada fue la observación directa con la presencia activa del investigador en el campo. Esta técnica proporciona la oportunidad de obtener información de primera mano y en tiempo real sobre las actividades y fenómenos estudiados.

Instrumentos. Acorde la definición, un instrumento de recaudación de datos científicos es “Herramienta empleada por el indagador para documentar detalles o datos referentes a las variables bajo estudio” (Hernández et al., 2014, p. 199). Como instrumentos de recolección de datos, se emplearán formatos simples diseñados específicamente para registrar la información relevante obtenida durante el proceso de determinación de propiedades físicas y mecánicas. Estos formatos se basarán en las normas técnicas establecidas, incluyendo la E.010, NTP 251.010, NTP 251.011, NTP 251.013, NTP 251.014, NTP 251.015, NTP 251.016 y NTP 251.017. Es importante destacar que no se utilizaron

instrumentos elaborados con una estructuración previa, como encuestas o entrevistas. En su lugar, se optó por formatos flexibles y adaptables que permitieron una captura precisa y detallada de los datos relevantes para el estudio en cuestión. Esta selección de instrumentos garantizó la coherencia con las normas técnicas establecidas y optimizó la calidad y fiabilidad de los datos recopilados durante el proceso de investigación.

Procedimiento de la investigación: La investigación se desarrolló siguiendo un proceso metodológico riguroso que comprende las siguientes etapas:

Primero: Se llevó a cabo el muestreo de los árboles de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. Posteriormente, estos árboles fueron talados con el fin de obtener las probetas necesarias para el estudio. Se seleccionaron una troza de 2 metros de longitud, ubicada en la parte central del fuste, de la cual se obtuvieron cuartones con una orientación adecuada en los planos de la madera. Estos cuartones fueron transportados al laboratorio con una protección adecuada en las testas para evitar daños.

Segundo: La obtención de las probetas se realizó siguiendo las recomendaciones establecidas en la Norma Técnica Peruana (NTP) 251.008, en cuanto a dimensiones y número requerido para cada propiedad física y mecánica que se iba a evaluar. Para las propiedades físicas de densidad y contenido de humedad, se obtendrán 10 probetas estándar por cada árbol muestreado. En el caso de las propiedades mecánicas, se extrajeron 2 probetas por árbol. Este proceso se llevó a cabo en el laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Cajamarca - Filial Jaén.

Tercero: Las probetas destinadas a la determinación de las propiedades físicas fueron sometidas a un proceso de remojo por inmersión durante 7 días, con el fin de alcanzar un estado de sobresaturación. Posteriormente, se realizaron los ensayos correspondientes. Por otro lado, las probetas destinadas a las propiedades mecánicas fueron colocadas en un ambiente para su acondicionamiento y aclimatación hasta alcanzar un nivel de humedad de equilibrio higroscópico (aproximadamente 12 %), antes de realizar los ensayos.

Cuarto: Se llevó a cabo la determinación de las propiedades físicas, como densidad y contenido de humedad, siguiendo las normas técnicas pertinentes. Estos ensayos se realizaron en el laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Cajamarca - Filial Jaén.

Quinto: Para la determinación de las propiedades mecánicas, se recurrió a un laboratorio especializado en la ciudad de Jaén, debidamente certificado por INDECOPI.

Sexto: Todos los datos obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas fueron registrados en los formatos correspondientes, para posteriormente ser digitalizados y tabulados en una hoja de cálculo como MS Excel. Seguidamente, se aplicó la estadística descriptiva correspondiente para calcular las propiedades físicas y mecánicas de interés.

3.2.4. validación y prueba de confiabilidad de los instrumentos

La validación es el “grado en la que un instrumento efectivamente cuantifica la variable que se procura medir”; la confiabilidad es el “nivel en el cual dicho instrumento brinda hallazgos uniformes y lógicos” (Hernández et al., 2014, p.200). Los instrumentos utilizados en este estudio están respaldados por las normas técnicas específicas mencionadas en el ítem 3.2.3. Esto implica que han sido seleccionados y aplicados conforme a estándares reconocidos en el campo, lo que los excluye de la necesidad de validación adicional por parte de un experto externo. Sin embargo, la confiabilidad de los datos recopilados esta intrínsecamente relacionada con la calidad y precisión de estos instrumentos, así como con la competencia y capacitación del personal encargado de su manejo y operación en los laboratorios.

3.2.5. Técnica del procesamiento y análisis de datos

El procesamiento estadístico de datos se refiere al “conjunto de procedimientos utilizados para manejar los datos recopilados durante una investigación. Esto incluye organizar, clasificar, registrar, tabular y codificar los datos para su análisis” (Hernández et al., 2014, p. 272). Para llevar a cabo el análisis de los datos recopilados, se empleó una herramienta informática, en este caso, una hoja de cálculo del tipo Excel. Esta aplicación permitió la tabulación y sistematización de los datos de manera eficiente, facilitando así su posterior procesamiento estadístico descriptivo. En la fase inicial, se procedió a la importación de los datos recolectados en el entorno de Excel, organizándolos de manera estructurada y coherente. Posteriormente, se aplicaron diversas funciones y herramientas estadísticas disponibles en el software para llevar a cabo el análisis descriptivo necesario. Se generaron tablas estadísticas que resumen y presentan de forma concisa los principales indicadores y medidas descriptivas de las variables estudiadas, como la media, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad. Además, se elaboraron gráficos adecuados que complementen la interpretación de los resultados, como gráficos de barras, u otros, según la naturaleza de los datos y los objetivos del análisis.

3.2.6. Aspectos éticos considerados

Durante el transcurso integral de esta investigación, se observaron escrupulosamente los principios éticos promovidos por la Universidad Nacional de Cajamarca, asegurando un enfoque metodológico y conductual que salvaguarde la integridad y los derechos de todas las partes involucradas. En lo concerniente a la obtención de probetas y otros elementos de estudio, se adoptó un enfoque eco-responsable, priorizando prácticas que minimicen el impacto ambiental y promuevan la sostenibilidad. Asimismo, se garantizó la integridad académica y la originalidad del trabajo mediante una adecuada atribución de todas las fuentes consultadas, evitando cualquier forma de plagio y respetando los derechos de autor de terceros. Este proceso se llevó a cabo siguiendo rigurosamente las normativas y directrices establecidas para citaciones y referencias bibliográficas. Todos los datos recopilados durante el estudio fueron precisos, verificables y representativos de la realidad, contribuyendo así a la transparencia y credibilidad del proceso investigativo. La información fue gestionada con total transparencia y objetividad, lo que asegura la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos. Este enfoque ético y metodológico riguroso fue fundamental para generar conclusiones y recomendaciones sólidas y confiables que contribuyan al avance del conocimiento en el área de estudio. La autenticidad y lo inédito del informe está garantizado por el análisis antiplagio que se realizó con el software antiplagio Turnitin.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. *Propiedades físicas de la madera de Manilkara bidentata subsp. surinamensis (Miq.) T. D. Penn.*

Tabla 6

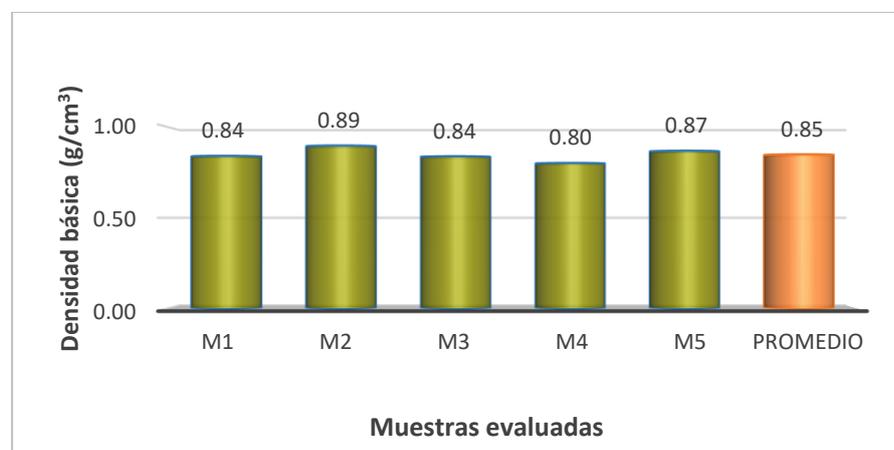
Propiedades físicas de la madera Manilkara bidentata subsp. surinamensis

N.º	Propiedad física	Ítem	Valor	Norma de referencia
1	Densidad básica	X (g.cm ⁻³)	0,85	NTP 251.011:2014 (Revisada el 2019)
		C.V. (%)	5,49	
2	Densidad anhidra	X (g.cm ⁻³)	0,96	NTP 251.011:2014 (Revisada el 2019)
		C.V. (%)	5,10	
3	Densidad Verde	X (g.cm ⁻³)	1,12	NTP 251.011:2014 (Revisada el 2019)
		C.V. (%)	3,57	
4	Contracción tangencial	X (%)	6,67	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	21,53	
5	Contracción Radial	X (%)	4,89	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	21,44	
6	Contracción Volumétrica	X (%)	11,77	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	15,75	
7	Relación CT/CR	Relación	1,41	NTP 251.012:2015
		C.V. (%)	26,02	
8	Humedad	X (%)	32,67	NTP 251.010:2014
		C.V. (%)	12,49	

Nota. los valores han sido determinados siguiendo lo establecido en cada norma técnica mencionada

Figura 2

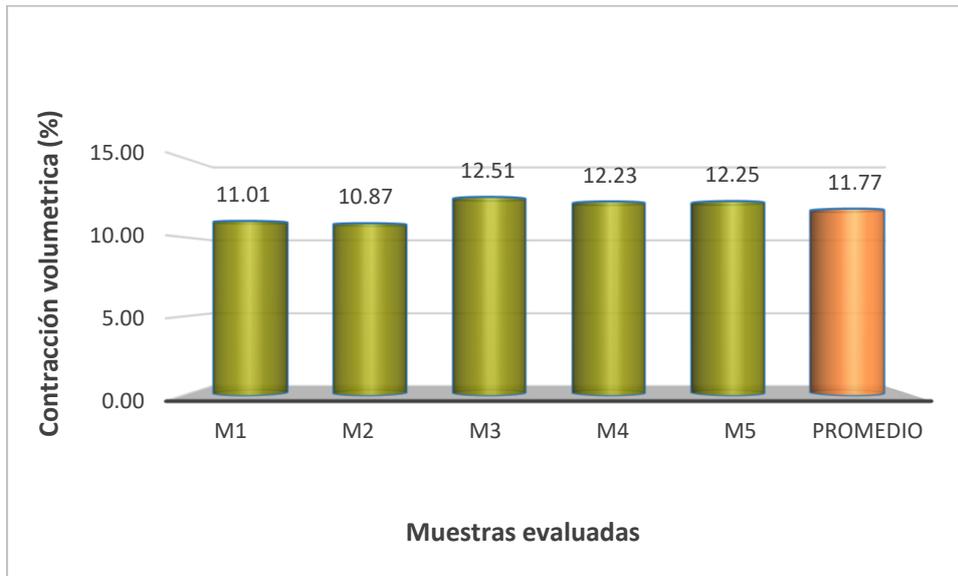
Densidad básica de la madera de Manilkara bidentata subsp. surinamensis



Nota. M= corresponde a cada árbol evaluado.

Figura 3

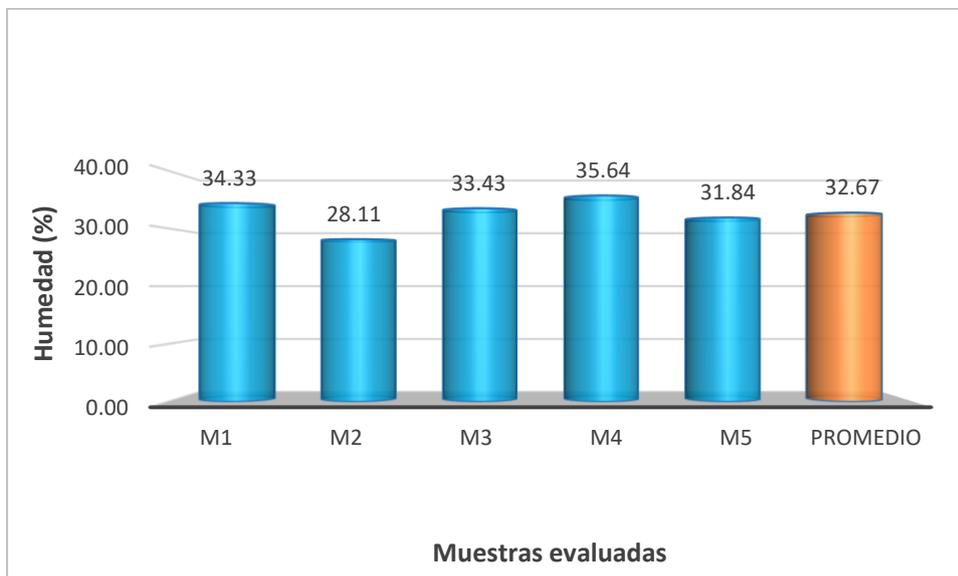
Contracción volumétrica de la madera de Manilkara bidentata subsp. surinamensis



Nota. M= corresponde a cada árbol evaluado.

Figura 4

Humedad de la madera de Manilkara bidentata subsp. surinamensis



Nota. M= corresponde a cada árbol evaluado.

En la tabla 6 se observa las propiedades físicas de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn, donde en la figura 2, se presentan los valores de la densidad básica donde la muestra M2 obtuvo el mayor valor siendo de $0,89 \text{ g.cm}^{-3}$ y la M4 obtuvo el valor más bajo siendo de $0,80 \text{ g.cm}^{-3}$ con un promedio de $0,85 \text{ g.cm}^{-3}$; en la figura

3, se presentan los valores de la contracción volumétrica de las 5 muestras de la especie donde la muestra M3 fue de 12,51 % siendo esta la más alta mientras que la M2 fue de 10,87 % siendo esta la más baja con un promedio de 11,77 % ; en la figura 4, se presentan el resumen de los valores del contenido de humedad donde la muestra M4 fue de 35,64 % siendo esta la más alta mientras que la M2 fue de 28,11 % siendo esta la más baja de todo el contenido de humedad con un promedio de 32,67 % y la relación contracción tangencial y radial obtuvo valores promedios de 1,41; este valor del coeficiente de anisotropía, nos indica que la madera de esta especie es muy estable, siendo óptimo para su uso en estructuras e incluso en pisos y piezas donde se requiere una alta estabilidad dimensional.

4.1.2. Propiedades mecánicas de la madera *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*

(Miq.) T. D.

- Resistencia a la flexión

Tabla 7

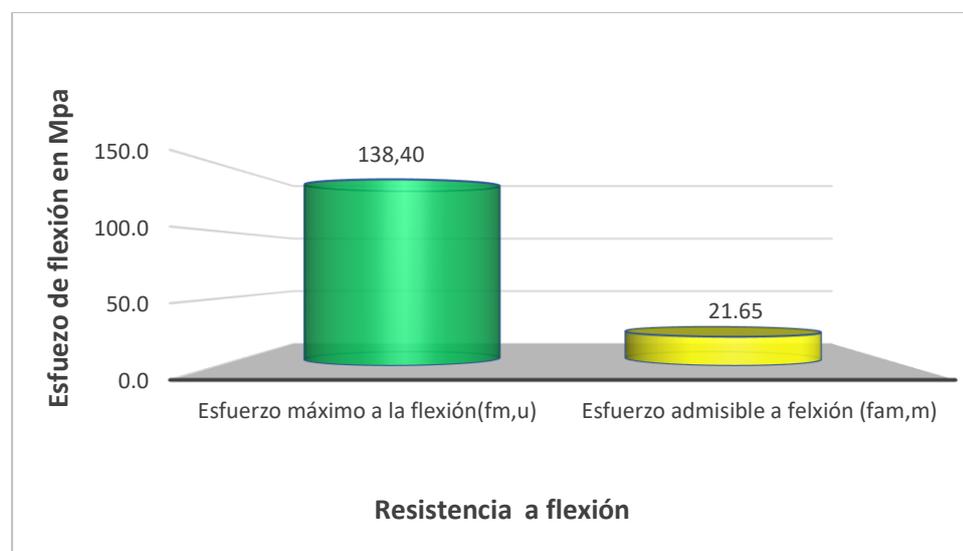
Resistencia a la flexión de la madera Manilkara bidentata subsp. surinamensis

Propiedad	Valor Mpa
Esfuerzo máximo a la flexión (fm, u)	138,40
Esfuerzo admisible a flexión (fadm, m)	21,65
Módulo de elasticidad promedio (Eprom)	37 646
Módulo de elasticidad mínimo (Emin)	16 869

Nota. valores de resistencia a la flexión se expresaron en Mpa= megapascales

Figura 5

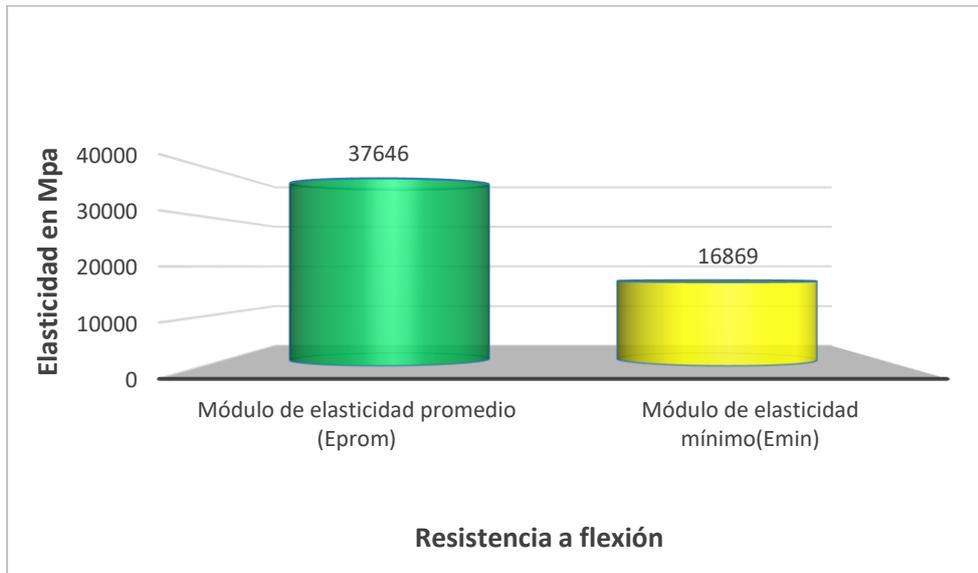
Esfuerzo de ruptura de flexión de la madera Manilkara bidentata subsp. surinamensis



Nota. Mpa= megapascales

Figura 6

Esfuerzo a la deformación de flexión de la madera Manilkara bidentata subsp. surinamensis



Nota. Mpa = megapascales

En la tabla 7 y figura 5, se muestran los resultados obtenidos de esfuerzos máximos y esfuerzos admisibles a la flexión cuyos valores fueron 138,40 Mpa y 21,65 Mpa respectivamente; así mismo, en la figura 6 se observan los módulos de elasticidad promedio y mínimo donde sus valores fueron de 37 646 Mpa y 16 869 Mpa respectivamente; los resultados guardan concordancia con la densidad básica, pues al ser una madera pesada, se justifica un esfuerzo alto también. Esto es importante para su uso como elementos estructurales como columnas y vigas, debido a su alta resistencia.

- **Resistencia a la compresión paralela**

Tabla 8

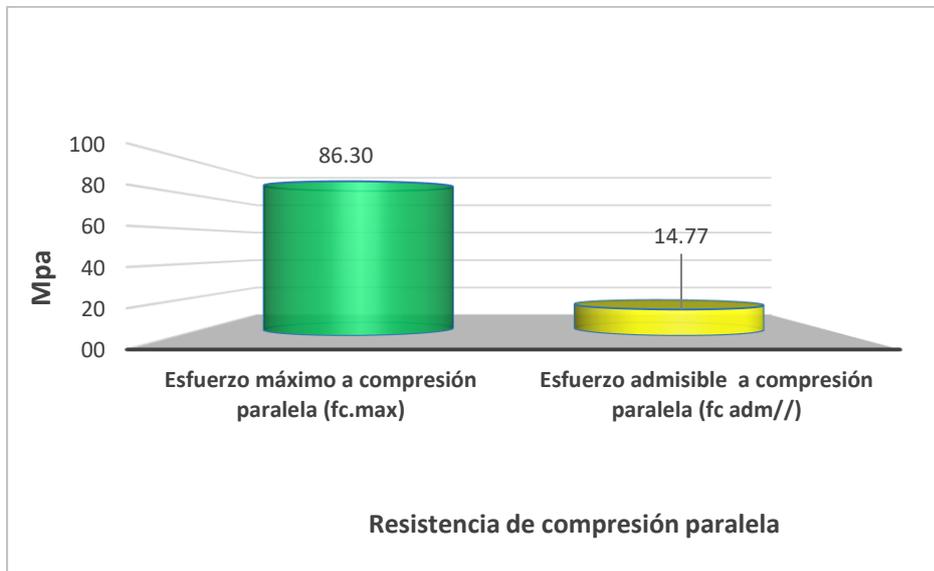
Resistencia a la compresión paralela de la madera de Manilkara bidentata subsp. surinamensis

Propiedad	Valor Mpa
Esfuerzo máximo a compresión paralela ($f_{c,max}$)	86,30
Esfuerzo admisible a compresión paralela ($f_{c,adm//}$)	14,77

Nota. Mpa = megapascales, $f_{c//}$ = esfuerzo de compresión paralelo

Figura 7

Esfuerzo de ruptura de la compresión paralela de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*



Nota. Valores de f_c = esfuerzo de compresión

En la tabla 8 y figura 7, se muestran los valores de la resistencia a la compresión paralela de la madera *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*, siendo de 86,30 Mpa en el esfuerzo máximo admisible a la compresión paralela ($f_{c,max//}$) y de 14,77 Mpa en el esfuerzo admisible a la compresión paralela ($f_{c.adm//}$). Los valores obtenidos al igual que con los de flexión son altos y muestran relación con la densidad básica. Estos valores son deseables para considerar la especie como fuente de madera estructural de alta resistencia.

- Resistencia a la compresión perpendicular

Tabla 9

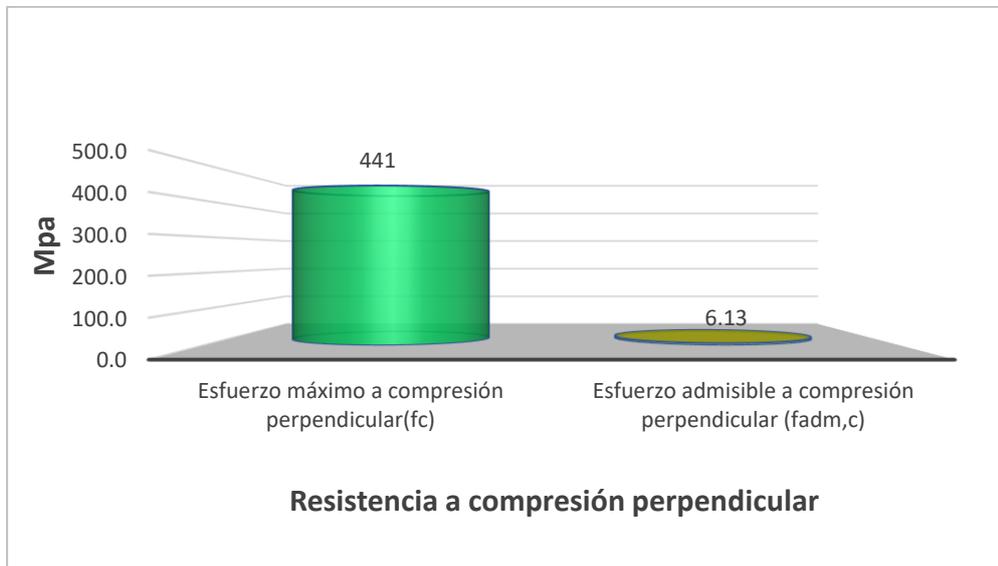
Resistencia a la compresión perpendicular de la madera *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*

Propiedad	Valor Mpa
Esfuerzo máximo a compresión perpendicular($f_{c,max\perp}$)	441,00
Esfuerzo admisible a compresión perpendicular ($f_{c adm,\perp}$)	6,13

Nota. Elaboración propia

Figura 8

Esfuerzo a la ruptura a la compresión perpendicular de la madera *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*



Nota. Mpa = megapascales, F_c = esfuerzo a la compresión

En la tabla 9 y figura 8, se observan los valores a la resistencia a la compresión perpendicular de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*, donde el esfuerzo máximo alcanzo 441,00 Mpa y el esfuerzo admisible alcanzo 6,13 Mpa. Los valores obtenidos son igualmente altos, y garantiza buen comportamiento en su uso estructural.

- Resistencia al corte

Tabla 10

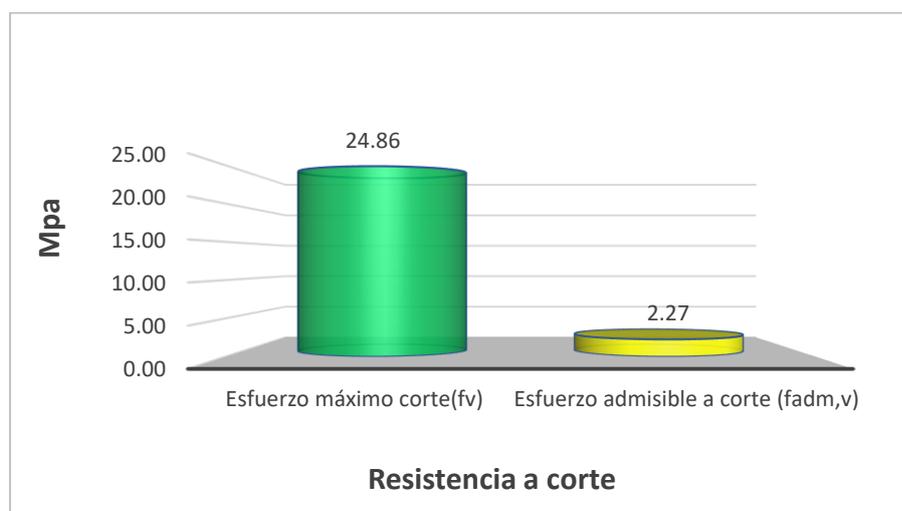
Resistencia al corte de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*

Propiedad	Valor Mpa
Esfuerzo máximo corte (f_v)	24,86
Esfuerzo admisible a corte ($f_{v adm.}$)	2,27

Nota. f_v = esfuerzo al corte paralelo

Figura 9

Esfuerzo al corte paralelo de la madera de Manilkara bidentata subsp. surinamensis



Nota. fv= corte paralelo

En la tabla 10 y figura 9, se visualiza la resistencia al corte de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*, donde el esfuerzo máximo de corte tuvo valores de 24,86 Mpa y el esfuerzo admisible de corte obtuvo valores de 2,27 Mpa.

Tabla 11

Propiedades mecánicas de resistencia Manilkara bidentata subsp. surinamensis

N°	Propiedad Física	ITEM	Valor (Mpa)	Normas De Referencia
1	Esfuerzo Máximo a La Flexión (fm, u)	X (Mpa) C.V. (%)	138,44 18,03	NTP 251.107:1988 (REVISADA EL 2019)
2	Esfuerzo Admisible a la Flexión (fadm, m)	X (Mpa)	21,65	NTP 251.107:1988 (REVISADA EL 2019)
3	Módulo de Elasticidad Promedio (Eprom)	X (Mpa) C.V. (%)	37646 50,44	NTP 251.107:1988 (REVISADA EL 2019)
4	Módulo de Elasticidad Mínimo (Emin)	X (Mpa)	16869	NTP 251.107:1988 (REVISADA EL 2019)
5	Esfuerzo Máximo a la Compresión Paralela (fc) (Mpa)	X (Mpa) C.V. (%)	86,30 10,35	NTP 251.014:2015; RNE E 010
6	Esfuerzo Admisible a la Compresión Paralela (fadm, c)	X (Mpa)	14,77	NTP 251.014:2015; RNE E 010
7	Módulo de Elasticidad Promedio Compresión Pa. (Eprom)	X (Mpa) C.V. (%)	6077 71,05	NTP 251.014:2015; RNE E 010
8	Esfuerzo Máximo Compresión Perp. (fc)	X (Mpa) C.V. (%)	441,00 11,72	NTP 251.016:2015; RNE E 010
9	Esfuerzo Admisible a Compresión Perp. (fadm, c)	X (Mpa)	6,13	NTP 251.016:2015; RNE E 010
10	Esfuerzo Máximo Corte (fv)	X (Mpa) C.V. (%)	24,86 26,21	NTP 251.013:2015; RNE E 010
11	Esfuerzo Admisible a Corte (fadm, v)	X (Mpa)	2,27	NTP 251.013:2015; RNE E 010

Nota. X = valor promedio; C.V. = coeficiente de variabilidad

En la tabla 11, se visualizan el resumen de los valores de las propiedades mecánicas de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*, donde puede verse que los esfuerzos admisibles a la flexión son de 21,65 Mpa; a la compresión paralela es de 14,77 Mpa; a la compresión perpendicular de 6,13 Mpa y al corte es de 2,27 Mpa. También se observa la variabilidad de los valores obtenidos, destacando con los valores más bajos el de la compresión paralela con el 10,35 % y la compresión perpendicular con el 11,72 %, estos valores son óptimos, y generan confianza de los resultados; así mismo la flexión alcanza un valor de 18,03 %, que, si bien no es el óptimo, pero se encuentra cerca a dicho valor, por lo que es aceptable.

4.1.3. Cumplimiento de las propiedades físicos y mecánicas y su clasificación según norma técnica E-010.

- **Comparación de propiedades físicas de la madera según la RNE-010.**

Tabla 12

Densidad básica para maderas latifoliadas

Grupo	Densidad básica g/cm ³
A	≥0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55
D	0,36 a 0,39

Nota. Tabla obtenida de la NTP E.010 Madera del RNE (MVCS, 2021, p. 43).

La tabla 12, ha sido obtenida de la tabla 2 anexo 2 de la norma E-010, donde se observa la comparación de las propiedades físicas según los requerimientos de la RNE E 010; y la tabla 6; donde según las propiedades físicas de la madera *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* se obtuvo un promedio de 0,85 g/cm³ de densidad básica; de acuerdo a esta comparación de la madera evaluada se encuentra en el grupo A que se establece una densidad ≥ 0,71.

- **Comparación de las propiedades mecánicas según la RNE-010**

Tabla 13

Esfuerzos admisibles para maderas latifoliadas Mpa(kg/cm)

Grupo	Flexión f _m	Compresión Paralela f _{c//}	Compresión Perpendicular f _{c ⊥}	Corte Paralelo f _v
A	20,6 (210)	14,2 (145)	3,9 (40)	1,5 (15)
B	14,7 (150)	10,8 (110)	2,7 (28)	1,2 (12)
C	9,8 (100)	7,8 (80)	1,5 (15)	0,8 (8)
D	6,8 (70)	6,2 (63)	1,3 (13)	0,6 (6)

Nota. Tabla obtenida de la NTP E.010 Madera del RNE (MVCS, 2021, p. 43).

La tabla 13, ha sido obtenida de la tabla 3 anexo 2 de la norma E 010 de las propiedades mecánicas expresadas en esfuerzos admisibles de la flexión, compresión paralela, compresión perpendicular y corte paralelo; estos valores se compararon con los datos obtenidos de la especie evaluada, en donde la tabla 7, se muestran los valores de la resistencia a la flexión con un promedio de 21,65 Mpa de $f_{adm.m}$; de acuerdo con la comparación la madera evaluada se encuentra en el grupo A que establece los fuerzas admisibles de 20,6; en la tabla 8, se obtuvo un valor promedio de 14,77 Mpa de $f_{adm.c}$ de la resistencia a la compresión paralela; de acuerdo a la comparación la madera se encuentra en el grupo A que establece los esfuerzos admisibles de 14,2 Mpa; en la tabla 9, se obtuvo un promedio de 6,13 Mpa $f_{adm.c}$ de la resistencia a la compresión perpendicular; donde la comparación de la madera evaluada se ubica en la grupo A que establece los esfuerzos admisibles 3,9 Mpa; en la tabla 10, se obtuvo un valor promedio de 2,27 Mpa de $f_{adm.v}$ de la resistencias al corte; donde la comparación de la madera evaluada se encuentra en el grupo A que estébele los esfuerzos admisibles 1,5 Mpa. Tomando en cuenta los resultados obtenidos y comparándolo con los valores establecidos en la norma RNE E.010, la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* recibe la categoría A, y se ubicaría dentro de las mejores maderas para su uso estructural.

- **Comparación del módulo de elasticidad para la madera de latifoliados MPa (kg/cm²) según la RNE.010**

Tabla 14

Módulo de elasticidad para la madera latifoliadas MPc (kg/cm)

Grupo	E_{min}	E_{prom}
A	9 316 (95 000)	12 748 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	8 826 (90 000)
D	4414 (45 000)	6 400 (65 000)

Nota. Tabla obtenida de la NTP E.010 Madera del RNE (MVCS, 2021, p. 44).

En la tabla 14, se visualiza los requerimientos según la RNE E 010 de las propiedades mecánicas expresadas en módulo de elasticidad, así mismo, en la tabla 9, se muestran que el valor promedio de 37 646 Mpa del módulo de elasticidad promedio y 12 748 Mpa del módulo de elasticidad mínimo; por lo que comparando con los valores de la tabla 14, la madera se encontraría dentro de la categoría A. Esto ubica a la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* dentro de las mejores maderas para uso estructural debido a su alto módulo de elasticidad.

4.2. Discusiones

Luego de los resultados obtenidos en la ejecución de la investigación, se ha conseguido cumplir con lo establecido en el objetivo de la investigación, que estableció determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* para su uso estructural tomando en cuenta la norma técnica E.010; como resultado se obtuvo los valores de las propiedades físicas y mecánicas necesarias para clasificar a la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*, estableciéndose que según la norma E.010 la madera de esta especie se ubica dentro del grupo A, clasificándola que cumple los requisitos para su uso estructural, y que se encuentra dentro de las mejores maderas para este uso.

Para llegar a esa conclusión, se trabajaron resultados organizados en los objetivos específicos planteados. A continuación, se detallan estos resultados, para su discusión y validación con otros investigadores y sus resultados. Las discusiones se detallan por objetivo específico planteado.

En los resultados obtenidos de las propiedades físicas, establecido en el primero objetivo específico, estos fueron una densidad básica de $0,85 \text{ g/cm}^3$, una humedad máxima de 32,67 % y un coeficiente de anisotropía de 1,41; los valores nos indican que se trata de una madera muy pesada o con densidad alta, esto también se manifiesta con el bajo contenido de humedad máximo; sin embargo, el coeficiente de anisotropía es muy bajo para tratarse de una especie de alta densidad, esto es muy importante para su uso en estructuras donde se exige una alta estabilidad dimensional; esta relación de bajo coeficiente de anisotropía y alta densidad básica también lo encontraron Aldana et al. (2021), quienes determinaron una densidad de $0,67 \text{ g/cm}^3$, y un coeficiente de anisotropía de 1,65. en cuanto al valor de la densidad básica, discrepa con el valor encontrado por Quispe (2022), quien obtuvo un valor de $0,72 \text{ g/cm}^3$, un valor ligeramente inferior al obtenido en la presente investigación; esta diferencia se incrementa con los resultados obtenido por López (2021) quien obtuvo un valor de $0,68 \text{ g/cm}^3$; sin embargo, por el contrario, el valor obtenido por Méndez (2020) fue de $1,05 \text{ g/cm}^3$, que es superior al valor obtenido en la presente investigación; estos valores diferentes se deben a los diversos ecotipos de la especie, ya que algunos crecen en bosque húmedo tropical, mientras que la madera que se utilizó en la presente investigación fue obtenido de un bosque subhúmedo. En cuanto a la humedad máxima o humedad saturada, el valor es ligeramente inferior al obtenido Méndez (2020), quien alcanzó un valor de 48,5 %.

En cuanto a lo establecido en el segundo objetivo, los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas fueron expresadas en esfuerzos admisibles por ser de esa forma como lo requiere la norma E.010; sin embargo, para la comparación también se calculó el esfuerzo promedio máximo de las propiedades mecánicas. Dentro de las más importantes tenemos que para el caso de la flexión se obtuvo un valor de 138,4 Mpa, este valor es superior a los obtenidos por Quispe (2022), quien obtuvo 99,8 Mpa; mientras que López (2021), encontró un valor de 100,7 Mpa, la diferencia se debe a que son ecotipos que han crecido en ecosistemas diferentes, los proporcionados por los investigadores mencionados se dieron en un bosque húmedo tropical, mientras que para la presente investigación, las muestras se obtuvieron de un bosque subhúmedo tropical. En lo referente a el módulo de elasticidad de la flexión, se obtuvo un valor promedio de 37 646 Mpa, este valor es superior al obtenido por Quispe (2022), quien obtuvo un valor de 17 221,4 Mpa.

En cuanto a la compresión paralela al grano, se obtuvo un valor de esfuerzo máximo de 86,3 Mpa, compresión perpendicular al grano, un valor de 45,0 Mpa y un esfuerzo máximo al corte paralelo de 24,9 Mpa; estos valores son superiores a los alcanzados por López (2021), quien obtuvo valores de 57,4 Mpa en el esfuerzo a la compresión paralela al grano, 19,2 Mpa en el esfuerzo perpendicular al grano y 12,3 Mpa en el esfuerzo al corte paralelo al grano.

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* obtenidos en los resultados, se comparó con los requisitos de clasificación de madera estructural establecidos en la norma E.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones, esto se realizó en el marco del tercer objetivo específico. Como resultado de la comparación, se determinó que la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis*, se clasifica dentro del grupo A de acuerdo a sus propiedades físicas y dentro del mismo grupo de acuerdo a sus propiedades mecánicas; esto nos indica que la madera es excelente para su uso como estructural de acuerdo a la norma E.010, siendo recomendable usarlo en estructuras como columnas y vigas. Esta clasificación es igual a la que obtuvo Quispe (2022), quien clasificó a la madera de *Manilkara bidentata* dentro del grupo A; sin embargo, López (2021) obtuvo una clasificación de la madera dentro del grupo B, la diferencia obtenida por este investigador, se debe a que la madera obtenida para los ensayos tuvo una densidad baja con respecto a la madera usada en la presente investigación, y dentro de sus causas, es por ser madera más joven y proveniente de otro ecotipo diferente.

Luego de la investigación, el análisis estadístico de los resultados obtenidos aplicando las Normas Técnicas Peruanas para cada propiedad física y mecánica, se realizó las discusiones, alineando la investigación con los resultados obtenidos por otros investigadores, arribando a conclusiones similares. La validación metodológica y estadística, así como la discusión, garantiza que los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación sean válidos y puedan aplicarse como información científica para resolver en parte la problemática que dio origen a la investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó las propiedades físicas de la madera *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn encontrándose una densidad básica promedio de $0,85 \text{ g.cm}^{-3}$; la humedad máxima fue de 32,67 %, la contracción volumétrica fue de 11,77 % y su relación contracción radial y tangencial fue de 1,41.

Se determinó las propiedades mecánicas de flexión, compresión paralela, compresión perpendicular y corte de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn expresadas en su esfuerzo admisible encontrándose que para la flexión fue de 21,65 Mpa, compresión paralela fue de 14,77 Mpa, compresión perpendicular fue de 6,13 Mpa, y corte fue de 2,27 Mpa; así mismo el módulo de elasticidad promedio es de 37 646 Mpa y el módulo de elasticidad mínimo fue de 16 869 Mpa.

Se estableció la clasificación de la madera de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn para su uso estructural según norma técnica E-010, encontrándose que según la densidad básica pertenece al grupo A; así mismo, de acuerdo al esfuerzo admisible de las propiedades mecánicas pertenecen al grupo A; finalmente de acuerdo al módulo de elasticidad, también pertenece al grupo A.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a los programas de reforestación, empresas reforestadoras, instituciones públicas y privadas que se dedican a la actividad de reforestación, considerar la especie *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn, por tener propiedades físicas y mecánicas muy buenas para su uso estructural.

Se recomienda a la escuela profesional de ingeniería forestal, promover la investigación en especies forestales nativas para establecer a nivel local sus propiedades dendrométricas, silviculturales, tecnológicas y generar recomendaciones de uso e incrementar su valor agregado.

A los estudiantes egresados de la escuela de ingeniería forestal realizar sus investigaciones de tesis de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn, para complementar los conocimientos sobre silvicultura, ecología, regeneración, industrialización entre otros con el fin de generar conocimiento aplicado que sea de utilidad para las instituciones que se dedican a la promoción e industrialización de especies forestales nativas.

Se recomienda utilizar la especie *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn en construcciones de madera, asociado a otras especies como bambú, para incrementar el uso de materiales locales y suplir la necesidad de vivienda tanto a nivel rural como urbano.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Naranjo, J. A. (2023). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Seique (Cedrelinga Catenaeformis) proveniente del cantón Tena provincia de Napo y su factibilidad como elemento estructural de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015)* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/39500/1/Tesis%20I.C.%201824%20-%20Acosta%20Naranjo%20Jose%20Andres.pdf>
- Abarca-Alvarado, M. M. (2021). *Propiedades, secado, trabajabilidad y control genético de la madera de nueve clones de Swietenia macrophylla de 8 años, Sarapiquí, Costa Rica* [Tesis de Pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12406/TFG_Maureen_Abarca_Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aguirre de los Ríos, H. E. (2015). *Status de conservación de Manilkara bidentata (A. DC.) A. Chevalier "michino" en San Ignacio, Cajamarca, Perú* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/934/T007274.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alca Vargas, G. A. (2024). *Clasificación estructural de la madera palo blanco utilizada en construcción en el distrito de Kumpirushiato, provincia La Convención, departamento Cusco, 2021* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC.
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/8515>
- Aldana Amaya, C. D., Silva Rosas, A. F. y Soler Umbarila, L. F. (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.
<https://revistas.sena.edu.co/index.php/idea/article/view/3946/4247>

- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación: Introducción a la investigación científica* (5ta ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, C.A.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica*.
https://www.academia.edu/23573985/El_proyecto_de_investigaci%C3%B3n_6ta_Edici%C3%B3n_Fidias_G_Arias_FREELIBROS_ORG
- Barrera Peñafiel, L., Llerena Encalada, A. y Proaño Escandón, D. (2022). La Madera en Arquitectura. Identificación y Caracterización de la Madera Estructural en el Ecuador. *Cuaderno 159*, pp. 203 – 215. Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. ISSN 1668-0227.
- Castellanos, P. (2023). *Características de la madera estructural para construcción*. En *Obra*.
<https://www.en-obra.com/es/noticias/requisitos-para-construir-con-madera-estructural>
- Ccahuana Jhuallanca, E. A. (2019). *Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *vochysia kosnipatae* Huamantua (Alco kaspi) proveniente de plantación del distrito San Gabán 2019* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Amazónica De Madre de Dios]. Repositorio Institucional UNAMAD.
<https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/534/004-2-3-096.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chicaiza Aucancela, M. R. (2022). *Comparación de las propiedades físicas y mecánicas entre las especies arbóreas estudiadas: Platuquero, Pino Caribe y Pino Patula* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio Digital UNACH.
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8879/1/1.%20Tesis%20Final.pdf>
- Chuquimango Guerrero, A. (2020). *Evaluación de la madera eucalipto con fines estructurales, Chalarmarca (sector tierra negra), Chota, 2018* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Repositorio Institucional UNACH.
<http://185.209.223.160/bitstream/handle/20.500.14142/173/ARTURO%20CHUQUIMANGO%20GUERRERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chura Quispe, N. S. y Muchica Sillo, J. (2021). *Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional UPEU.

https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4354/Nelson_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dutan Chimborazo, M. N., Maldonado Noboa, J. S., y Maldonado Noboa, C. H. (2023).

Propiedades mecánicas de la madera con polilla. *Dominio de las Ciencias*, 9(2), 295–316. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3287>

Dzul Escamilla, M. (s.f.). *Unidad 3. Aplicación básica de los métodos científicos: Diseño no experimental. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.*

https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES38.pdf

Gallardo Echenique, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación: manual autoformativo interactivo*. Universidad Continental.

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf

Gan, W., Chen, C., Wang, Z., Song, J., Kuang, Y., He, S., Mi, R., Sunderland, P.B. & Lu, L. (2019). Dense, Self-Formed Char Layer Enables a Fire-Retardant Wood Structural Material. *Advanced Functional Materials*, 29(14), 14–28.

<https://doi.org/10.1002/adfm.201807444>

García Ortega, M. y Benedetti Ruiz, S. (2021). La Madera como Material para la Construcción: Mitos, Realidades y Oportunidades [Documento de Divulgación N° 63]. Instituto Forestal (INFOR).

<https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/31358/31358.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México, México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. ISBN: 9781456223960

Hussein, A., Heyliger, P. & Mahmoud, H. (2020). Structural performance of a wood-sand-wood wall for blast protection. *Engineering Structures*, 219(15), 49–54.

<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110954>

- López Varas, B. J. (2021). *Propiedades físicas y mecánicas de la madera "quinilla" Manilkara bidentata como material de construcción en Estado Verde, Iquitos 2019* [Tesis de Pregrado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional UCP. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1269/BRUCE%20JERSON%20L%c3%93PEZ%20VARAS%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez Fasabi, A. P. (2020). *Comportamiento higroscópico de la madera aserrada de ocho especies forestales de uso estructural en Pucallpa – Perú* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional UNU http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4304/UNU_FORESTAL_2020_T_ANGIE-MENDEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Miranda Soberón, U.E. y Acosta, Z. (2008). *Fuentes de información para la recolección de información cuantitativa y cualitativa*. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/06/885032/texto-no-2-fuentes-de-informacion.pdf>
- Navarro Peñaherrera, C. P. y Sánchez Dahua, J. L. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto (Eucalyptus), provenientes de la provincia de Tungurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC 2015)* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33541/1/Tesis%20I.%20C.%201523%20-%20S%c3%a1nchez%20Dahua%20Jos%c3%a9%20Luis.pdf>
- NTP 251.010. (2014). *Madera. Método para determinar el contenido de humedad*. Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelaria - INDECOP.
- NTP 251.011. (2019). *Madera. Método para determinar la densidad*. Lima, Perú: Dirección de Normalización. INACAL.
- NTP 251.012. (2015). *Madera. Método de determinación de la contracción*. Lima, Perú: Dirección de Normalización. INACAL.
- NTP 251.013. (2015). *Madera. Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano*. Lima, Perú: Dirección de Normalización. INACAL.

- NTP 251.014. (2014). *Madera. Método para determinar compresión axial o paralela al grano*. Lima, Perú: INDECOPI.
- NTP 251.015. (2014). *Madera. Método de determinación de la dureza*. Lima, Perú: INDECOPI.
- NTP 251.016. (2015). *Madera. Método para determinar la compresión perpendicular al grano*. Lima, Perú: Dirección de Normalización. INACAL.
- NTP 251.017. (2019). *Madera. Método para determinar la flexión estática*. Lima, Perú: Dirección de Normalización. INACAL.
- OSINFOR. (2020). *Distribución de las especies forestales del Perú*.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1016324/especies_forestales20200716-31706-15g0ssv.pdf
- Osis Lipa, D. B. y Muñoz Fernández, A. (2022). *Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera Eucalipto (Eucalyptus globulus), Pino (Pinus radiata) y Ciprés (Cupressus lusitánica), para su uso como Material Estructural y su Aplicación al Diseño de un Tijeral Par y Nudillo, Abancay -Apurímac* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Repositorio Institucional UNAMBA.
https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1147/T_776.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Portal Cahuana, L. A., Carpio Arana, J. M., y Díaz Vela, G. S. (2020). Propiedades tecnológicas de la madera de *Ormosia paraensis* Ducke proveniente de la Amazonía suroriental del Perú. *Engenharia Industrial Madeireira: Tecnologia, Pesquisa e Tendências*, 19, 286 – 304.
<https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/201101950.pdf>
- Quispe Rojas, S. V. (2022). *Análisis comparativo de la resistencia a la flexión en vigas de la madera Shihuahuaco y Quinilla comercializada en el Distrito de Irazola - Provincia de Padre Abad – Departamento de Ucayali – 2021* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL.
<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/7446/TIC00286Q78.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rubio Esteban, Y. A. (2021). *Análisis de densidad básica de la madera de Pona (Socratea Exorrhiza) y su categorización dentro de los grupos de la madera de acuerdo a la norma E.010, en el Valle del Monzón, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco – 2019* [Tesis de Pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3118>
- Sotomayor-Castellanos, J. R. (2015). Comportamiento en flexión estática de vigas de madera antigua de *Picea abies*. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 7(13), 208 – 227. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000100012
- Suirezs, T. M. y Berger, G. (2009). *Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera*. 1a ed. Posadas: EdUNaM - Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones. https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/f5_978-950-579-154-5.pdf
- Tanguila Andy, C. A. (2023). *Análisis de las propiedades mecánicas de la especie forestal amazónica Yuyún (terminalia oblonga), y su idoneidad como material estructural de acuerdo a la norma ecuatoriana de la construcción* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25527/1/TTS1381.pdf>
- Tello Olano, R. (2023). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del “Ishpinguillo” y su posible uso estructural según la norma E.010 “madera”* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110085>
- Trópicos. (2024). *Manilkara bidentata subsp. surinamensis (Miq.)* TD Penn. Missouri Botanical Garden. <https://www.tropicos.org/name/28700982>
- Uc Sosa, C. I. (2022). *Módulo de elasticidad con métodos no destructivos en vigas estructurales de Vitex gaumeri Greenm y Matayba oppositifolia (A. Rich) Britton* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/6a0eb035-7d1e-47dc-88f8-4fd18157f26e/content>

- Valdera Salazar, C. A., & Alva Sarmiento, E. A. (2021). Comparison of the physical-mechanical properties of eucalipto, tornillo and copaiba woods for formwork on site, 2019 [Comparación de Las propiedades físico-mecánicas de las maderas Eucalipto, Tornillo y Copaiba para encofrados en obra, 2019], Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, 2021-July (123), 1-11. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.123>
- Vásquez Becerra, R. (2023). *Evaluación estructural de la madera habilitada “pinus radiata”, centro poblado Santa Clara, Distrito de Chalamarca, Chota, 2021* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma De Chota]. Repositorio Institucional UNACH. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/403>
- Vásquez Becerra, R., y Silva Tarrillo, J. L. (2023). Propiedades físico mecánicas de Pinus radiata y su aplicación en el diseño estructural de viviendas. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 6(2), 160–176. <https://www.unach.edu.pe/rcnorandina/index.php/ciencianorandina/article/view/177>
- Vásquez, R., Rojas, R., Monteagudo, A., Valenzuela, L., y Huamantupa, I. (2018). Catálogo de los árboles del Perú. *Revista Q'EUÑA*, 9 (1).
- Zhu, Z., Fu, S., Lavoine, N. & Lucia, L. (2020). Structural reconstruction strategies for the design of cellulose nanomaterials and aligned wood cellulose-based functional materials – A review. *Carbohydrate Polymers*, 247(1), 11–26. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116722>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1.

Matriz de consistencia de la investigación

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>General:</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn. para uso estructural según norma técnica E-010?</p>	<p>General:</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas de <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn. para uso estructural según norma técnica E-010.</p> <p>Específicos:</p> <p>Determinar las propiedades físicas de densidad y contenido de humedad de <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn. para su uso estructural.</p> <p>Determinar las propiedades mecánicas de flexión, compresión paralela, compresión perpendicular y corte de <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn. para su uso estructural.</p> <p>Establecer el cumplimiento de las propiedades físicos y mecánicas de <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn. y su clasificación para su uso estructural según norma técnica E-010.</p>	<p>General:</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas de <i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T. D. Penn. cumplen con los requerimientos para uso estructural según la norma técnica E-010.</p>	<p>Propiedades físicas y mecánicas</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Descriptiva, aplicada, no experimental.</p> <p>Fuentes de información:</p> <p>Primaria</p> <p>Técnica e instrumentos:</p> <p>Observación directa y los instrumentos son formatos de recolección de información de campo.</p>

Anexo 2.

Ficha de identificación botánica de la especie de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn

LEIWER FLORES FLORES
ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA
C.I.P. N° 56894
Cel. 918217105
Email: lflores@unc.edu.pe

LEIWER FLORES FLORES, CON REGISTRO C.I.P. N° 56894 - ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA.

CERTIFICA:

La identificación de la muestra de un árbol con fines de investigación de tesis titulado: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn. PARA USO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA TÉCNICA E-010, SAN IGNACIO, PERÚ 2024", proveniente del distrito de Huarango, provincia San Ignacio, solicitada por el Bach. DENNIS ROMÁN CARRANZA, exalumno de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Cajamarca. La muestra es conocida en la zona de estudio como "michino", la cual fue estudiada, identificada y ordenada para grupos taxonómicos de Gimnospermae y Angiospermae, de acuerdo al Sistema de Clasificación APG IV - 2016, se presenta a continuación:

Categorías -Clados	Sistema APG IV - 2016
Reino	Plantae
División	Angiospermae L.
Clase	Equisetosida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden	Asteranae Takht.
Orden	Ericales Bercht. y J. Presl
Familia	Sapotaceae Juss.
Género	<i>Manilkara</i> Adán.
Especie	<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.
Subespecie	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq.) TD Penn.

Jaén, 8 de enero del 2025.

Ing. M. Cs. Leiver Flores Flores
Especialista en Dendrología
C.I.P. N° 56894

Anexo 3.

Inventario de árboles *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn para la obtención de la muestra.

Inventario forestal de <i>Manilkara bidentata</i> Subsp. <i>surinensis</i>														
Nº	Código	Especie	Nombre común	Este	Norte	Altitud	CAP (cm)	DAP (cm)	DAP (m)	HF (m)	HT (m)	AB (m2)	V (m3)	Fuste
1	P02-37	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756458	9408452	1041	305	97,084	0,971	7	25	0,7403	3,990	R
2	P04-76	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756504	9408481	1041	219	69,710	0,697	10	13	0,3817	2,939	R
3	P06-108	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756446	9408493	1040	264	84,034	0,840	3	6	0,5546	1,281	I
4	P06-117	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756515	9408497	1040	118	37,560	0,376	7	10	0,1108	0,597	I
5	P07-120	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756518	9408495	1041	197	62,707	0,627	14	17	0,3088	3,329	R
6	P07-129	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756531	9408497	1043	182	57,932	0,579	7	10	0,2636	1,421	R
7	P07-133	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756498	9408494	1043	183	58,251	0,583	14	17	0,2665	2,873	R
8	P08-136	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756510	9408497	1040	38	12,096	0,121	8	11	0,0115	0,071	T
9	P08-137	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756505	9408503	1042	36	11,459	0,115	8	11	0,0103	0,064	T
10	P08-146	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756464	9408508	1041	70	22,282	0,223	12	15	0,0390	0,360	R
11	P08-147	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756465	9408508	1042	186	59,206	0,592	9	12	0,2753	1,908	R
12	P08-148	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756465	9408515	1040	108	34,377	0,344	6	9	0,0928	0,429	R
13	P08-157	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756437	9408511	1039	102	32,468	0,325	9	12	0,0828	0,574	I
14	P09-168	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756446	9408525	1045	240	76,394	0,764	14	25	0,4584	4,941	T
15	P10-182	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756473	9408529	1048	135	42,972	0,430	7	15	0,1450	0,782	R
16	P10-189	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756483	9408517	1047	214	68,118	0,681	10	17	0,3644	2,806	R
17	P11-196	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756482	9408517	1046	36	11,459	0,115	6	10	0,0103	0,048	R
18	P11-198	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756497	9408521	1048	164	52,203	0,522	14	24	0,2140	2,307	R
19	P11-200	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756497	9408512	1048	296	94,220	0,942	11	22	0,6972	5,906	R
20	P11-207	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756515	9408513	1049	175	55,704	0,557	10	23	0,2437	1,877	R
21	P12-223	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756534	9408535	1046	275	87,535	0,875	7	11	0,6018	3,244	R
22	P12-224	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756535	9408540	1047	45	14,324	0,143	3	7	0,0161	0,037	R
23	P13-236	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756526	9408542	1047	241	76,713	0,767	5	9	0,4622	1,779	R
24	P13-240	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756512	9408529	1045	180	57,296	0,573	4	8	0,2578	0,794	I
25	P13-244	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756511	9408543	1047	164	52,203	0,522	6	10	0,2140	0,989	R
26	P13-246	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756508	9408536	1046	43	13,687	0,137	3	7	0,0147	0,034	R
27	P13-247	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756504	9408530	1048	163	51,884	0,519	2	6	0,2114	0,326	R
28	P14-253	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756507	9408521	1047	168	53,476	0,535	6	10	0,2246	1,038	R
29	P14-254	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756497	9408536	1049	13	4,138	0,041	7	11	0,0013	0,007	R
30	P14-265	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756461	9408536	1053	435	138,464	1,385	7	11	1,5058	8,116	I

31	P15-268	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756460	9408547	1050	84	26,738	0,267	3	7	0,0561	0,130	R
32	P17-314	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756482	9408559	1050	190	60,479	0,605	14	20	0,2873	3,097	R
33	P17-318	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756482	9408571	1049	216	68,755	0,688	6	22	0,3713	1,715	R
34	P17-321	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756476	9408564	1048	149	47,428	0,474	6	19	0,1767	0,816	R
35	P18-336	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756544	9408568	1077	43	13,687	0,137	14	17	0,0147	0,159	R
36	P18-338	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756502	9408580	1033	189	60,160	0,602	11	14	0,2843	2,408	T
37	P18-339	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756508	9408584	1034	153	48,701	0,487	12	15	0,1863	1,721	R
38	P19-357	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756461	9408549	1049	162	51,566	0,516	4	7	0,2088	0,643	R
39	P20-361	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756471	9408594	1043	205	65,253	0,653	7	10	0,3344	1,803	R
40	P20-369	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756486	9408579	1048	62	19,735	0,197	6	9	0,0306	0,141	R
41	P22-398	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	9408600	756510	1051	155	49,338	0,493	14	25	0,1912	2,061	R
42	P22-421	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	9408587	756552	1055	217	69,073	0,691	4	17	0,3747	1,154	R
43	P23-431	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756544	9408569	1045	99	31,513	0,315	8	12	0,0780	0,480	R
44	P24-458	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756541	9408628	1052	314	99,949	0,999	12	16	0,7846	7,250	R
45	P24-471	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756529	9408631	1051	165	52,521	0,525	4	8	0,2167	0,667	R
46	P25-480	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756501	9408629	1047	301	95,811	0,958	2	6	0,7210	1,110	R
47	P25-484	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756516	9408639	1045	286	91,036	0,910	5	9	0,6509	2,506	R
48	P25-503	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756497	9408640	1048	296	94,220	0,942	10	14	0,6972	5,369	R
49	P25-512	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756553	9408509	1048	239	76,076	0,761	10	14	0,4546	3,500	T
50	P25-516	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756543	9408515	1048	61	19,417	0,194	9	13	0,0296	0,205	R
51	P25-517	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i>	Michino	756461	9408570	1048	225		0,716	7	12	0,4029	2,171	R
Total												15,3328	93,9723	

Anexo 4.

Datos de la medición de probetas para propiedades físicas de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn en laboratorio.

Anexos 4.1.

Datos de las probetas en húmedo de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn

Código	R			Promedio radial	T			Promedio tangencial	L	Peso
	1	2	3		1	2	3			
M1-1	30,16	30,44	30,46	30,35	30,01	30,24	30,33	30,19	100,46	96,67
M1-2	30,38	30,18	29,86	30,14	30,01	30,02	30,10	30,04	101,07	96,85
M1-3	30,25	30,38	30,23	30,29	30,25	30,19	30,31	30,25	99,99	99,47
M1-4	29,82	29,54	29,22	29,53	28,29	27,95	27,82	28,02	101,68	101,24
M1-5	28,96	28,69	28,55	28,73	29,81	30,02	30,14	29,99	97,94	94,54
M1-6	29,75	29,48	29,40	29,54	30,03	30,26	30,29	30,19	102,14	103,89
M1-7	29,02	28,74	28,90	28,89	30,34	30,24	30,55	30,38	100,16	98,48
M1-8	29,45	29,39	29,45	29,43	29,03	29,01	29,08	29,04	101,47	102,93
M1-9	29,72	29,66	29,49	29,62	29,37	29,32	29,62	29,44	100,38	103,88
M1-10	30,09	29,89	29,49	29,82	30,51	30,52	30,42	30,48	100,30	99,77
M1-11	29,77	29,83	29,89	29,83	30,04	30,17	30,31	30,17	100,42	99,02
M1-12	29,96	30,42	30,25	30,21	30,01	29,99	29,80	29,93	100,76	99,08
M1-13	29,13	29,4	29,16	29,23	29,37	29,16	29,39	29,31	102,07	96,15
M1-14	29,14	29,35	29,07	29,19	28,55	28,62	29,36	28,84	100,50	96,91
M1-15	28,21	28,70	28,90	28,60	30,29	30,00	29,95	30,08	101,40	99,81
M2-2	31,82	32,22	31,95	32,00	31,66	31,53	31,34	31,51	98,53	118,08
M2-3	32,42	32,12	31,54	32,03	32,40	32,44	32,13	32,32	99,10	125,77
M2-4	32,47	32,06	32,04	32,19	32,60	32,45	32,46	32,50	98,84	125,93
M2-5	31,49	31,75	31,61	31,62	30,49	31,12	31,51	31,04	99,14	117,00
M2-6	32,04	31,94	31,77	31,92	32,22	31,74	31,91	31,96	100,53	122,99
M2-7	32,16	32,07	31,96	32,06	31,83	31,87	31,78	31,83	98,15	109,15
M2-8	31,96	31,85	31,98	31,93	31,71	31,87	31,88	31,82	99,45	112,90
M2-9	31,65	32,35	31,88	31,96	32,21	31,90	31,86	31,99	99,31	104,36
M2-10	31,76	31,97	31,78	31,84	31,65	31,52	31,70	31,62	99,65	107,14
M2-11	30,10	30,12	30,46	30,23	30,14	30,41	30,23	30,26	100,14	105,69
M2-12	30,06	29,93	30,06	30,02	30,65	30,61	30,52	30,59	100,13	104,03
M2-13	30,33	30,07	30,18	30,19	30,04	30,12	30,33	30,16	100,2	101,90
M2-14	29,71	29,97	29,76	29,81	30,66	30,21	30,32	30,40	100,37	105,19
M2-15	28,66	28,40	28,49	28,52	30,88	30,13	30,17	30,39	101,64	101,40

M3-1	29,06	28,97	28,91	28,98	29,45	29,95	29,77	29,72	99,76	90,75
M3-2	29,47	29,65	29,87	29,66	28,11	28,65	29,42	28,73	100,83	94,88
M3-3	30,53	30,25	29,49	30,09	29,49	29,25	29,54	29,43	99,89	103,65
M3-4	28,94	29,02	28,94	28,97	29,06	29,12	29,14	29,11	100,04	95,55
M3-5	28,3	28,51	28,55	28,45	28,10	28,34	29,00	28,48	99,79	93,55
M3-6	30,25	30,69	30,19	30,38	29,69	28,91	28,92	29,17	100,51	101,61
M3-7	29,47	29,58	29,34	29,46	30,04	30,22	30,07	30,11	101,79	99,20
M3-9	29,52	29,43	29,41	29,45	29,49	29,9	29,89	29,76	101,62	98,10
M3-10	29,77	28,92	29,04	29,24	29,32	29,27	29,42	29,34	100,28	91,45
M3-11	29,21	29,39	29,47	29,36	29,36	29,19	29,69	29,41	100,35	97,06
M3-12	29,31	29,48	29,43	29,41	28,92	29,15	29,32	29,13	100,15	95,73
M3-13	29,77	29,33	29,45	29,52	29,27	29,36	29,48	29,37	101,76	99,00
M3-14	29,15	28,89	29,10	29,05	29,46	29,87	30,10	29,81	100,23	95,57
M3-15	29,08	28,85	27,62	28,52	30,24	29,49	29,08	29,60	100,49	99,84
M4-1	29,21	28,44	29,12	28,92	29,67	29,79	29,73	29,73	101,77	94,72
M4-2	29,25	29,11	29,05	29,14	29,30	28,82	29,37	29,16	101,66	93,89
M4-3	29,01	29,08	29,19	29,09	29,52	29,24	29,19	29,32	100,26	92,62
M4-4	29,00	29,28	29,29	29,19	29,09	29,16	29,12	29,12	101,29	94,69
M4-5	29,11	29,02	29,29	29,14	28,97	29,29	29,41	29,22	100,90	94,28
M4-6	29,22	29,23	29,23	29,23	29,21	29,3	29,36	29,29	100,53	94,43
M4-7	29,56	29,19	29,40	29,38	30,30	30,17	30,03	30,17	99,93	95,32
M4-8	29,3	29,03	29,21	29,18	29,83	29,62	29,79	29,75	101,64	95,53
M4-9	29,47	29,00	29,10	29,19	29,61	29,78	30,19	29,86	99,78	92,49
M4-10	29,01	29,06	29,10	29,06	29,66	29,46	29,42	29,51	100,80	92,59
M4-11	28,89	28,76	29,00	28,88	29,61	29,23	29,00	29,28	100,70	94,63
M4-12	28,66	29,00	28,96	28,87	29,51	29,55	29,57	29,54	101,56	91,93
M4-13	29,13	29,13	28,79	29,02	29,82	30,07	30,37	30,09	108,56	94,45
M4-14	29,26	29,10	29,52	29,29	29,75	29,99	29,87	29,87	100,13	93,41
M4-15	30,33	30,10	29,95	30,13	30,62	30,50	30,27	30,46	102,43	100,56
M5-1	28,88	28,86	29,31	29,02	29,60	29,21	29,25	29,35	99,23	100,59
M5-2	29,03	28,44	28,11	28,53	29,52	30,02	29,77	29,77	98,97	92,92
M5-3	27,82	27,77	27,98	27,86	29,76	29,62	29,62	29,67	100,76	92,55
M5-4	29,51	29,10	29,43	29,35	29,89	30,07	29,94	29,97	99,25	95,43
M5-5	29,58	29,36	29,11	29,35	29,33	29,51	29,42	29,42	98,68	97,72
M5-6	29,12	29,03	28,77	28,97	29,19	28,73	28,90	28,94	100,30	97,28
M5-7	29,73	29,54	29,66	29,64	29,29	29,15	29,38	29,27	100,89	97,95
M5-9	29,77	30,08	29,21	29,69	29,95	29,94	30,00	29,96	100,51	109,34
M5-10	29,86	29,88	29,59	29,78	29,77	29,61	29,53	29,64	100,18	103,32
M5-11	29,85	29,24	28,79	29,29	30,24	30,32	30,52	30,36	99,73	100,19
M5-12	29,06	29,15	28,86	29,02	29,65	29,6	29,62	29,62	101,22	98,25
M5-13	29,39	28,96	28,82	29,06	29,45	29,38	29,76	29,53	100,53	98,44

M5-14	29,65	29,44	29,58	29,56	29,52	29,52	29,67	29,57	102,15	109,22
M5-15	28,71	28,45	29,11	28,76	29,29	29,17	29,32	29,26	100,01	96,84

Anexos 4.2.

Datos de las probetas en seco de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn

Código	R			Promedio radial	T			Promedio tangencial	L	Peso
	1	2	3		1	2	3			
M1-1	28,84	29,04	29,00	28,96	27,90	27,95	28,13	27,99	100,45	69,76
M1-2	28,81	28,61	28,38	28,60	28,10	28,01	28,03	28,05	100,42	69,01
M1-3	28,89	28,71	28,56	28,72	28,37	28,29	28,35	28,34	99,63	73,28
M1-4	28,98	28,67	28,64	28,76	27,99	27,86	27,69	27,85	101,22	73,49
M1-5	27,35	27,38	27,15	27,29	27,92	27,93	28,12	27,99	97,65	71,55
M1-6	27,94	27,65	27,68	27,76	28,24	28,30	28,47	28,34	100,75	77,85
M1-7	27,01	27,06	27,04	27,04	28,54	28,39	28,37	28,43	99,85	74,64
M1-8	28,20	28,03	27,91	28,05	27,48	27,65	27,46	27,53	100,81	79,61
M1-9	28,30	28,08	27,99	28,12	27,38	27,73	27,50	27,54	100,09	80,26
M1-10	28,13	28,16	27,73	28,01	28,61	28,61	28,35	28,52	99,94	74,10
M1-11	28,19	28,04	28,18	28,14	28,01	28,17	28,56	28,25	99,91	73,33
M1-12	27,90	28,23	28,38	28,17	28,26	28,25	28,20	28,24	100,11	72,54
M1-13	27,65	27,77	27,53	27,65	26,80	26,90	26,97	26,89	100,40	71,84
M1-14	27,67	27,57	27,58	27,61	26,12	26,34	27,21	26,56	99,86	73,32
M1-15	26,75	27,10	27,31	27,05	27,70	27,89	27,75	27,78	99,40	76,14
M2-2	30,12	30,00	29,93	30,03	29,68	29,51	29,43	29,54	98,20	87,36
M2-3	31,02	30,98	30,59	30,86	30,43	30,88	30,17	30,49	99,30	101,18
M2-4	30,57	30,98	30,90	30,82	30,45	30,61	30,51	30,52	98,39	102,79
M2-5	30,42	30,20	30,08	30,23	29,13	30,02	30,06	29,74	98,68	93,39
M2-6	30,83	30,85	30,55	30,74	30,71	30,61	30,35	30,56	99,21	101,09
M2-7	30,06	30,14	30,05	30,08	30,22	30,22	30,02	30,15	98,02	79,33
M2-8	29,69	29,52	29,64	29,62	30,43	30,43	30,35	30,40	98,63	84,16
M2-9	30,65	30,61	30,49	30,58	29,71	29,71	29,41	29,61	98,78	87,49
M2-10	29,86	29,87	29,73	29,82	29,83	29,83	29,90	29,85	99,91	79,30
M2-11	28,94	28,94	29,15	29,01	29,07	29,07	28,79	28,98	100,17	83,52
M2-12	28,34	28,65	28,88	28,62	28,72	28,72	28,42	28,62	99,62	80,89
M2-13	28,94	28,61	28,48	28,68	28,53	28,53	28,75	28,60	99,50	79,16
M2-14	28,64	28,77	28,32	28,58	28,97	28,97	28,47	28,80	99,92	82,02
M2-15	27,87	27,65	29,93	28,48	29,14	29,14	29,01	29,10	100,25	80,26

M3-1	27,96	27,84	27,80	27,87	27,40	27,40	27,47	27,42	99,53	66,88
M3-2	28,03	28,20	28,43	28,22	26,54	26,54	27,49	26,86	100,36	71,04
M3-3	28,06	28,01	27,75	27,94	26,95	26,95	27,38	27,09	99,53	79,56
M3-4	27,55	27,57	27,54	27,55	26,84	26,84	27,06	26,91	99,89	69,89
M3-5	26,88	27,15	26,71	26,91	26,64	26,64	27,37	26,88	98,47	72,48
M3-6	29,12	29,46	29,01	29,20	27,87	27,87	27,01	27,58	99,44	78,56
M3-7	28,17	28,05	27,98	28,07	27,71	27,71	27,66	27,69	101,16	74,87
M3-9	28,01	28,06	28,05	28,04	27,16	27,16	27,67	27,33	99,58	73,35
M3-10	27,67	27,08	27,25	27,33	27,65	27,65	27,67	27,66	100,06	66,22
M3-11	27,63	27,77	27,8	27,73	27,01	27,01	27,05	27,02	99,61	71,72
M3-12	27,53	27,94	27,96	27,81	27,45	27,45	27,69	27,53	99,74	71,67
M3-13	28,08	27,91	27,95	27,98	27,62	27,62	27,93	27,72	101,43	76,23
M3-14	27,78	27,68	27,72	27,73	27,37	27,37	27,57	27,44	99,473	68,82
M3-15	27,81	27,44	26,17	27,14	28,05	28,05	27,14	27,75	98,73	78,56
M4-1	27,89	27,46	27,33	27,56	27,17	27,17	27,18	27,17	100,85	69,52
M4-2	28,01	27,79	27,78	27,86	27,68	27,68	26,97	27,44	101,02	68,94
M4-3	27,74	27,79	27,60	27,71	27,12	27,12	27,17	27,14	100,90	67,11
M4-4	28,11	28,06	28,07	28,08	27,02	27,02	26,86	26,97	100,59	71,07
M4-5	27,92	27,77	28,13	27,94	26,80	26,80	27,27	26,96	100,01	69,98
M4-6	28,09	28,12	28,06	28,09	26,86	26,86	27,15	26,96	100,40	69,29
M4-7	28,17	27,98	28,02	28,06	28,17	28,17	27,78	28,04	99,49	70,70
M4-8	28,01	27,74	27,94	27,90	27,32	27,32	27,11	27,25	101,31	70,35
M4-9	27,93	27,80	27,86	27,86	27,54	27,54	27,72	27,60	99,25	68,83
M4-10	27,70	27,87	27,79	27,79	27,45	27,45	27,30	27,40	100,40	67,23
M4-11	27,51	27,51	27,84	27,62	27,17	27,17	26,64	26,99	100,34	69,02
M4-12	27,50	27,77	27,78	27,68	27,29	27,29	27,25	27,28	100,96	67,73
M4-13	27,76	27,70	27,43	27,63	27,48	27,48	27,96	27,64	101,04	69,03
M4-14	28,09	27,95	28,37	28,14	27,91	27,91	27,85	27,89	101,00	68,24
M4-15	27,70	27,80	28,13	27,88	27,47	27,47	26,98	27,31	99,66	64,79
M5-1	27,53	27,95	28,15	27,88	28,16	28,16	27,21	27,84	98,43	81,15
M5-2	27,66	27,39	26,93	27,33	27,45	27,45	27,52	27,47	98,64	69,87
M5-3	26,50	26,71	26,85	26,69	27,23	27,23	27,16	27,21	101,28	69,28
M5-4	28,05	27,98	28,17	28,07	27,16	27,16	27,46	27,26	98,70	72,20
M5-5	28,34	28,15	27,71	28,07	27,71	26,79	26,53	27,01	98,13	70,92
M5-6	27,94	27,78	27,64	27,79	27,64	26,46	26,48	26,86	99,72	70,92
M5-7	28,09	28,00	28,08	28,06	28,08	26,74	26,91	27,24	98,88	73,46
M5-9	28,55	28,41	28,05	28,34	28,05	28,93	28,73	28,57	100,52	88,74
M5-10	28,90	28,93	28,45	28,76	28,45	28,55	28,30	28,43	99,28	83,85
M5-11	28,04	27,62	27,72	27,79	27,72	27,55	27,60	27,62	100,48	74,53

M5-12	28,15	28,01	27,67	27,94	27,67	27,17	27,16	27,33	100,26	75,23
M5-13	26,45	26,26	26,24	26,32	26,24	27,71	27,83	27,26	100,26	73,41
M5-14	28,46	28,37	28,45	28,43	28,45	28,48	28,39	28,44	101,62	89,34
M5-15	27,00	27,10	27,56	27,22	27,56	26,76	26,81	27,04	99,61	72,77

Anexo 5.

Datos obtenidos de las probetas para la determinación de las propiedades físicas de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn

N°	Código	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	DLH (mm)	DLS (mm)	DTH (mm)	DTS (mm)	DRH (mm)	DRS (mm)	V.H. (cm ³)	V.S. (cm ³)	DB (g/cm ³)	DA (g/cm ³)	DV (g/cm ³)	CHbs (%)	CHbh (%)	CL (%)	CT (%)	CR (%)	CV (%)	CT/CR
1	M1 - 1	96,67	69,76	100,46	100,45	30,19	27,99	30,35	28,96	92,07	81,43	0,76	0,86	1,05	38,58	27,84	0,01	7,29	4,59	11,55	1,59
2	M1 - 2	96,85	69,01	101,07	100,42	30,04	28,05	30,14	28,60	91,52	80,55	0,75	0,86	1,06	40,34	28,75	0,64	6,65	5,11	11,99	1,30
3	M1 - 3	99,47	73,28	99,99	99,63	30,25	28,34	30,29	28,72	91,61	81,08	0,80	0,90	1,09	35,74	26,33	0,36	6,33	5,17	11,49	1,22
4	M1 - 4	101,24	73,49	101,68	101,22	28,02	27,85	29,53	28,76	84,12	81,07	0,87	0,91	1,20	37,76	27,41	0,45	0,62	2,59	3,63	0,24
5	M1 - 5	94,54	71,55	97,94	97,65	29,99	27,99	28,73	27,29	84,40	74,60	0,85	0,96	1,12	32,13	24,32	0,30	6,67	5,01	11,61	1,33
6	M1 - 6	103,89	77,85	102,14	100,75	30,19	28,34	29,54	27,76	91,11	79,24	0,85	0,98	1,14	33,45	25,06	1,36	6,15	6,05	13,02	1,02
7	M1 - 7	98,48	74,64	100,16	99,85	30,38	28,43	28,89	27,04	87,89	76,76	0,85	0,97	1,12	31,94	24,21	0,31	6,40	6,40	12,66	1,00
8	M1 - 8	102,93	79,61	101,47	100,81	29,04	27,53	29,43	28,05	86,72	77,84	0,92	1,02	1,19	29,29	22,66	0,65	5,20	4,70	10,24	1,11
9	M1 - 9	103,88	80,26	100,38	100,09	29,44	27,54	29,62	28,12	87,53	77,51	0,92	1,04	1,19	29,43	22,74	0,29	6,45	5,06	11,45	1,27
10	M1 - 10	99,77	74,10	100,30	99,94	30,48	28,52	29,82	28,01	91,18	79,84	0,81	0,93	1,09	34,64	25,73	0,36	6,43	6,09	12,44	1,06
	Promedio	99,77	74,36	100,56	100,08	29,80	28,06	29,63	28,13	88,82	78,99	0,84	0,94	1,12	34,33	25,50	0,47	5,82	5,08	11,01	1,11
	D.S.	3,219	3,863	1,169	0,984	0,766	0,352	0,544	0,643	3,073	2,253	0,058	0,063	0,054	3,782	2,091	0,362	1,899	1,072	2,708	0,355
	C.V. (%)	3,23	5,20	1,16	0,98	2,57	1,26	1,84	2,28	3,46	2,85	6,88	6,67	4,84	11,02	8,20	76,59	32,65	21,10	24,60	31,90
11	M2 - 2	118,08	87,36	98,53	98,20	31,51	29,54	32,00	30,03	99,34	87,10	0,88	1,00	1,19	35,16	26,02	0,33	6,25	6,16	12,32	1,01
13	M2 - 4	125,93	102,79	98,84	98,39	32,50	30,52	32,19	30,82	103,41	92,55	0,99	1,11	1,22	22,51	18,38	0,46	6,09	4,27	10,51	1,43
14	M2 - 5	117,00	93,39	99,14	98,68	31,04	29,74	31,62	30,23	97,29	88,72	0,96	1,05	1,20	25,28	20,18	0,46	4,20	4,38	8,82	0,96
15	M2 - 6	122,99	101,09	100,53	99,21	31,96	30,56	31,92	30,74	102,54	93,20	0,99	1,08	1,20	21,66	17,81	1,31	4,38	3,68	9,11	1,19
16	M2 - 7	109,15	79,33	98,15	98,02	31,83	30,15	32,06	30,08	100,16	88,92	0,79	0,89	1,09	37,59	27,32	0,13	5,26	6,18	11,23	0,85
17	M2 - 8	112,90	84,16	99,45	98,63	31,82	30,40	31,93	29,62	101,04	88,81	0,83	0,95	1,12	34,15	25,46	0,82	4,45	7,25	12,11	0,61
18	M2 - 9	104,36	87,49	99,31	98,78	31,99	29,61	31,96	30,58	101,53	89,45	0,86	0,98	1,03	19,28	16,17	0,53	7,44	4,31	11,90	1,73

19	M2 - 12	104,03	80,89	100,13	99,62	30,59	28,62	30,02	28,62	91,95	81,61	0,88	0,99	1,13	28,61	22,24	0,51	6,45	4,64	11,25	1,39
20	M2 - 13	101,90	79,16	100,20	99,50	30,16	28,60	30,19	28,68	91,26	81,61	0,87	0,97	1,12	28,73	22,32	0,70	5,17	5,02	10,56	1,03
	Promedio	112,93	88,41	99,36	98,78	31,49	29,75	31,54	29,93	98,73	88,00	0,89	1,00	1,14	28,11	21,76	0,59	5,52	5,10	10,87	1,13
	D.S.	8,674	8,923	0,802	0,560	0,749	0,749	0,830	0,820	4,415	4,097	0,070	0,069	0,063	6,477	3,939	0,337	1,106	1,171	1,251	0,338
	C.V. (%)	7,68	10,09	0,81	0,57	2,38	2,52	2,63	2,74	4,47	4,66	7,81	6,86	5,53	23,04	18,10	57,56	20,03	22,98	11,52	29,78
21	M3 - 1	90,75	66,88	99,76	99,53	29,72	27,42	28,98	27,87	85,93	76,06	0,78	0,88	1,06	35,69	26,30	0,23	7,74	3,84	11,49	2,01
22	M3 - 2	94,88	71,04	100,83	100,36	28,73	26,86	29,66	28,22	85,92	76,06	0,83	0,93	1,10	33,56	25,13	0,47	6,51	4,87	11,47	1,34
23	M3 - 3	103,65	79,56	99,89	99,53	29,43	27,09	30,09	27,94	88,45	75,34	0,90	1,06	1,17	30,28	23,24	0,36	7,93	7,15	14,82	1,11
24	M3 - 4	95,55	69,89	100,04	99,89	29,11	26,91	28,97	27,55	84,35	74,07	0,83	0,94	1,13	36,71	26,86	0,15	7,54	4,88	12,18	1,54
25	M3 - 5	93,55	72,48	99,79	98,47	28,48	26,88	28,45	26,91	80,86	71,25	0,90	1,02	1,16	29,07	22,52	1,32	5,61	5,41	11,90	1,04
26	M3 - 6	101,61	78,56	100,51	99,44	29,17	27,58	30,38	29,20	89,07	80,08	0,88	0,98	1,14	29,34	22,68	1,06	5,45	3,88	10,09	1,40
27	M3 - 7	99,20	74,87	101,79	101,16	30,11	27,69	29,46	28,07	90,30	78,63	0,83	0,95	1,10	32,50	24,53	0,62	8,03	4,74	12,93	1,69
28	M3 - 9	98,10	73,35	101,62	99,58	29,76	27,33	29,45	28,04	89,07	76,31	0,82	0,96	1,10	33,74	25,23	2,01	8,17	4,80	14,33	1,70
29	M3 - 10	91,45	66,22	100,28	100,06	29,34	27,66	29,24	27,33	86,03	75,64	0,77	0,88	1,06	38,10	27,59	0,22	5,73	6,53	12,08	0,88
30	M3 - 11	97,06	71,72	100,35	99,61	29,41	27,02	29,36	27,73	86,65	74,65	0,83	0,96	1,12	35,33	26,11	0,74	8,13	5,53	13,85	1,47
	Promedio	96,58	72,46	100,49	99,76	29,33	27,25	29,40	27,89	86,66	75,81	0,84	0,96	1,11	33,43	25,02	0,72	7,08	5,16	12,51	1,42
	D.S.	4,192	4,390	0,725	0,696	0,486	0,331	0,557	0,603	2,759	2,404	0,045	0,055	0,038	3,127	1,762	0,592	1,131	1,047	1,462	0,345
	C.V. (%)	4,34	6,06	0,72	0,70	1,66	1,22	1,89	2,16	3,18	3,17	5,34	5,78	3,38	9,35	7,04	82,54	15,97	20,27	11,68	24,32
31	M4 - 1	94,72	69,52	101,77	100,85	29,73	27,17	28,92	27,56	87,51	75,53	0,79	0,92	1,08	36,25	26,60	0,90	8,60	4,71	13,70	1,82
32	M4 - 2	93,89	68,94	101,66	101,02	29,16	27,44	29,14	27,86	86,38	77,24	0,80	0,89	1,09	36,19	26,57	0,63	5,90	4,38	10,59	1,35
33	M4 - 4	94,69	71,07	101,29	100,59	29,12	27,14	29,19	28,08	86,11	76,65	0,83	0,93	1,10	33,23	24,94	0,69	6,82	3,80	10,98	1,79
34	M4 - 5	94,28	69,98	100,90	100,01	29,22	26,97	29,14	27,94	85,92	75,35	0,81	0,93	1,10	34,72	25,77	0,88	7,72	4,12	12,30	1,88
35	M4 - 6	94,43	69,29	100,53	100,40	29,29	26,96	29,23	28,09	86,06	76,02	0,81	0,91	1,10	36,28	26,62	0,13	7,97	3,89	11,66	2,05
36	M4 - 7	95,32	70,70	99,93	99,49	30,17	26,96	29,38	28,06	88,58	75,25	0,80	0,94	1,08	34,82	25,83	0,44	10,64	4,52	15,05	2,36
37	M4 - 9	92,49	68,83	99,78	99,25	29,86	27,25	29,19	27,86	86,97	75,36	0,79	0,91	1,06	34,37	25,58	0,53	8,74	4,54	13,35	1,92
38	M4 - 10	92,59	67,23	100,80	100,40	29,51	27,60	29,06	27,79	86,44	77,00	0,78	0,87	1,07	37,72	27,39	0,40	6,48	4,37	10,93	1,48
39	M4 - 11	94,63	69,02	100,70	100,34	29,28	27,40	28,88	27,62	85,16	75,94	0,81	0,91	1,11	37,11	27,06	0,36	6,42	4,37	10,83	1,47
40	M4 - 12	91,93	67,73	101,56	100,96	29,54	26,99	28,87	27,68	86,63	75,44	0,78	0,90	1,06	35,73	26,32	0,59	8,63	4,12	12,91	2,09
	Promedio	93,90	69,23	100,89	100,33	29,49	27,19	29,10	27,85	86,58	75,98	0,80	0,91	1,08	35,64	26,27	0,56	7,79	4,28	12,23	1,82
	D.S.	1,148	1,190	0,692	0,596	0,342	0,231	0,166	0,192	0,943	0,736	0,015	0,020	0,017	1,353	0,737	0,239	1,435	0,293	1,493	0,315
	C.V. (%)	1,22	1,72	0,69	0,59	1,16	0,85	0,57	0,69	1,09	0,97	1,83	2,15	1,54	3,79	2,80	43,00	18,41	6,84	12,21	17,28

41	M5 - 1	100,59	81,15	99,23	98,43	29,35	27,84	29,02	27,88	84,52	76,40	0,96	1,06	1,19	23,96	19,33	0,81	5,14	3,93	9,61	1,31
42	M5 - 2	92,92	69,87	98,97	98,64	29,77	27,47	28,53	27,33	84,05	74,05	0,83	0,94	1,11	32,99	24,81	0,33	7,71	4,21	11,89	1,83
43	M5 - 4	95,43	72,20	99,25	98,70	29,97	27,26	29,35	28,07	87,28	75,52	0,83	0,96	1,09	32,17	24,34	0,55	9,03	4,36	13,48	2,07
44	M5 - 5	97,72	70,92	98,68	98,13	29,42	27,01	29,35	28,07	85,21	74,39	0,83	0,95	1,15	37,79	27,43	0,56	8,19	4,37	12,70	1,87
45	M5 - 6	97,28	70,92	100,30	99,72	28,94	26,86	28,97	27,79	84,10	74,43	0,84	0,95	1,16	37,17	27,10	0,58	7,19	4,10	11,50	1,75
46	M5 - 7	97,95	73,46	100,89	98,88	29,27	27,24	29,64	28,06	87,55	75,58	0,84	0,97	1,12	33,34	25,00	1,99	6,93	5,35	13,67	1,30
47	M5 - 10	103,32	83,85	100,18	99,28	29,64	28,43	29,78	28,76	88,41	81,19	0,95	1,03	1,17	23,22	18,84	0,90	4,06	3,41	8,17	1,19
48	M5 - 12	98,25	75,23	101,22	100,26	29,62	27,33	29,02	27,94	87,03	76,58	0,86	0,98	1,13	30,60	23,43	0,95	7,73	3,72	12,01	2,08
49	M5 - 13	98,44	73,41	100,53	100,26	29,53	27,26	29,06	26,32	86,26	71,93	0,85	1,02	1,14	34,10	25,43	0,27	7,69	9,43	16,62	0,82
50	M5 - 15	96,84	72,77	100,01	99,61	29,26	27,04	28,76	27,22	84,15	73,32	0,86	0,99	1,15	33,08	24,86	0,40	7,58	5,34	12,86	1,42
	Promedio	97,87	74,38	99,93	99,19	29,48	27,38	29,15	27,74	85,85	75,34	0,87	0,99	1,14	31,84	24,06	0,73	7,13	4,82	12,25	1,56
	D.S.	2,778	4,590	0,856	0,752	0,293	0,460	0,385	0,657	1,647	2,495	0,048	0,040	0,029	4,854	2,879	0,499	1,467	1,735	2,299	0,420
	C.V. (%)	2,84	6,17	0,86	0,76	0,99	1,68	1,32	2,37	1,92	3,31	5,57	4,04	2,57	15,25	11,97	67,96	20,59	35,98	18,77	26,84

DLH: dimensión longitudinal humedad en mm.

DTH: dimensión tangencial húmeda en mm.

DRH: dimensión radial humedad en mm.

DRS: dimensión radial seca en mm.

CHbs: contenido humedad base seca.

CHbh: contenido humedad base humedad.

DLS: dimensión longitudinal seca en mm

DTS: dimensión tangencial seca en mm.

V.H: volumen húmedo en cm³.

V.S: volumen seco en cm³.

CL: contracción longitudinal %.

CT: contracción tangencial %.

DB: densidad básica g/cm³.

DA: densidad anhidra g/cm³.

DV: densidad verde g/cm³.

CR: contracción radial %.

CV: contracción verde %.

CT/CR: relación de contracciones

Anexo 5.1.

Consolidado de las propiedades físicas de las 5 muestras de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn

Muestra	Estadístico	Densidad Básica (g.cm ⁻³)	Densidad Anhidra (g.cm ⁻³)	Densidad Verde (g.cm ⁻³)	Contracción Tangencial (%)	Contracción Radial (%)	Contracción Volumétrica (%)	Relación Ct/Cr	Max. Contenido De Humedad (%)
M1	X	0,84	0,94	1,12	5,82	5,08	11,01	1,11	34,33
	C.V.	6,88	6,67	4,84	32,65	21,10	24,60	31,90	11,02
M2	X	0,89	1,00	1,14	5,52	5,10	10,87	1,13	28,11
	C.V.	7,81	6,86	5,53	20,03	22,98	11,52	29,78	23,04
M3	X	0,84	0,96	1,11	7,08	5,16	12,51	1,42	33,43
	C.V.	5,34	5,78	3,38	15,97	20,27	11,68	24,32	9,35
M4	X	0,80	0,91	1,08	7,79	4,28	12,23	1,82	35,64
	C.V.	1,83	2,15	1,54	18,41	6,84	12,21	17,28	3,79
M5	X	0,87	0,99	1,14	7,13	4,82	12,25	1,56	31,84
	C.V.	5,57	4,04	2,57	20,59	35,98	18,77	26,84	15,25
Promedio	X	0,85	0,96	1,12	6,67	4,89	11,77	1,41	32,67
	C.V.	5,49	5,10	3,57	21,53	21,44	15,75	26,02	12,49

Anexo 6.

Datos obtenidos de laboratorio de las probetas de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn para propiedades mecánicas

Anexo 6.1.

Datos de flexión de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn

Nº	Probeta	Medida Inicial	Medida Final	Carga (Q) (N)	Carga (P) (N)	Distancia (A) (mm)	Ancho Viga (mm)	Espesor Viga (mm)	Módulo De Sección (Z)	Momento Inercia (I)(mm ⁴)	Deformación (D) (mm)	Esfuerzo Máximo A La Flexión (F _{m,U})	Módulo De Elasticidad (E _m)
7	M4 - 1F	30,40	30,90	37814	32669	300	50,00	49,00	120050	5882450	5,00	141,74	16869
5	M3 - 1F	30,00	30,10	38304	35503	300	58,00	49,00	139258	6823642	1,00	123,78	79020
6	M3 - 3F	30,50	30,70	32018	25271	300	48,00	47,00	106032	4983504	2,00	135,88	38508
3	M2 - 1F	30,21	30,40	40152	37284	300	50,00	49,00	120050	5882450	1,90	150,51	50664
4	M2 - 2F	30,15	30,35	35784	28244	300	51,00	50,00	127500	6375000	2,00	126,30	33643
1	M1 - 2F	30,50	30,65	27496	17732	300	49,00	49,00	117649	5764801	1,50	105,17	31144
9	M5 -1F	29,80	30,00	28560	22542	300	50,00	49,00	120050	5882450	2,00	107,06	29100
2	M1 - 3F	30,00	30,20	43372	37492	300	48,00	49,00	115248	5647152	2,00	169,35	50416
8	M4 - 2F	30,00	30,70	38906	35893	300	50,00	49,80	124002	6175300	7,00	141,19	12611
10	M5 - 2F	30,00	30,32	46984	41028	300	48,00	49,00	115248	5647152	3,20	183,45	34482
Promedio												138,44	37646
D.S.												24,96	18987,84
C.V. (%)												18,03	50,44
Esfuerzo básico a flexión (f_{básico, m})												133	
Esfuerzo admisible a flexión (f_{adm, m})												21,6	
Módulo de elasticidad mínimo (E_{min})													16869
Módulo de elasticidad promedio (E_{prom})													37646

Anexo 6.2.

Datos de la compresión paralela de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn

Nº	Probeta	Medida inicial	Medida final	Carga (Q) (N)	Carga (P) (N)	Luz (L)	Ancho (a) (mm)	Espesor (e) (mm)	Deformación (d) (mm)	Esfuerzo máximo a compresión paralela (f_c)	Módulo de elasticidad (E_c)
2	M1 - 3//	15,00	14,90	21952	17493,00	15,00	4,95	5,85	0,10	77,28	9237
4	M2 - 2//	15,23	14,90	17696	14101,50	15,23	4,30	4,80	0,33	87,40	3214
6	M3 - 2//	15,20	14,60	20056	15982,13	15,20	4,80	5,10	0,60	83,51	1686
3	M2 - 1//	15,05	14,89	15838,4	12621,23	15,05	4,95	4,80	0,16	67,95	5093
10	M5 - 2//	15,10	15,00	21166,4	16866,98	15,10	4,85	4,95	0,10	89,87	10814
7	M4 - 1//	15,14	14,90	20147,2	16054,80	15,14	4,80	4,80	0,24	89,14	4481
8	M4 - 2//	15,10	14,90	20416	16269,00	15,10	4,70	5,00	0,20	88,56	5328
1	M1 - 1//	15,30	14,90	20988,8	16725,45	15,30	4,95	4,90	0,40	88,21	2689
5	M3 - 1//	14,90	14,50	23347,2	18604,80	14,90	4,90	4,75	0,40	102,25	3035
9	M5 - 1//	15,02	14,95	21136	16842,75	15,02	4,85	5,00	0,07	88,85	15192
Promedio										86,30	6077
D.S.										8,93	4317,78
C.V. (%)										10,35	71,05
Esfuerzo básico a compresión paralela ($f_{básico, c}$)										82,34	
Esfuerzo admisible a compresión paralela ($f_{adm, c}$)										14,77	
Módulo de elasticidad mínimo compresión pa. (E_{min})											3214
Módulo de elasticidad promedio compresión pa. (E_{prom})											6077

Anexo 6.3.

Datos de la compresión perpendicular de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn

Nº	Probeta	Carga (Q)	Superficie contacto (A)	Esfuerzo máximo compresión perp. (fc)
4	M1 - 2 ⊥	8690	24,50	36,16
7	M3 - 1 ⊥	9198	24,01	39,05
6	M4 - 2 ⊥	9740	24,50	40,53
9	M2 - 3 ⊥	9032	21,81	42,22
8	M1 - 1 ⊥	11249	24,99	45,89
5	M3 - 2 ⊥	10882	24,01	46,20
3	M2 - 2 ⊥	10349	22,05	47,84
10	M5 - 3 ⊥	11910	24,99	48,58
1	M5 - 2 ⊥	12556	24,99	51,22
2	M4 - 3 ⊥	12460	24,50	51,84
Promedio				44,95
D.S.				5,27
C.V. (%)				11,72
Esfuerzo básico a compresión perp. (fbásico, c)				37,60
Esfuerzo admisible a compresión perp. (fadm, c)				6,13

Anexo 6.4.

Datos del corte de la madera de *Manilkara bidentata* subsp. *surinamensis* (Miq.) T. D. Penn

Nº	Probeta	Carga (q)	Ancho (falla)	Alto (falla)	Esfuerzo máximo corte (fv)
1	M1 - 1C	7129	4,70	5,10	30,32
2	M1 - 2C	6782	4,75	4,50	32,34
3	M2 - 1C	3278	4,90	5,10	13,37
4	M2 - 2C	5194	4,85	4,95	22,05
5	M3 - 1C	6285	4,80	4,90	27,24
6	M3 - 2C	6973	4,90	4,75	30,54
7	M4 - 1C	7381	4,70	4,79	33,42
8	M4 - 2C	3912	4,95	4,80	16,78
9	M5 - 1C	6928	5,00	4,60	30,71
10	M5 - 2C	7158	4,90	4,65	32,02
Promedio					26,88
D.S.					7,22
C.V. (%)					26,87

Nº	Probeta	Carga (q)	Ancho (falla)	Alto (falla)	Esfuerzo máximo corte (fv)
1	M1 - 1C	6060	4,70	5,10	25,77
2	M1 - 2C	5765	4,75	4,50	27,49
3	M2 - 1C	2786	4,90	5,10	11,37
4	M2 - 2C	4415	4,85	4,95	18,75
5	M3 - 1C	5342	4,80	4,90	23,15
6	M3 - 2C	5927	4,90	4,75	25,96
7	M4 - 1C	6274	4,70	4,79	28,41
8	M4 - 2C	3325	4,95	4,80	14,27
9	M5 - 1C	5889	5,00	4,60	26,10
10	M5 - 2C	6084	4,90	4,65	27,22
Promedio					22,85
D.S.					7,36
C.V. (%)					32,23

Nº	Probeta	Carga (q)	Ancho (falla)	Alto (falla)	Esfuerzo máximo corte (fv)
4	M2 - 1C				12,37
10	M4 - 2C				15,52
5	M2 - 2C				20,40
1	M3 - 1C				25,20
3	M1 - 1C				28,04
6	M3 - 2C				28,25
2	M5 - 1C				28,40
7	M5 - 2C				29,62
8	M1 - 2C				29,92
9	M4 - 1C				30,91
Promedio					24,86
D.S.					6,52
C.V. (%)					26,21
Esfuerzo básico a flexión (fbásico,v)					13,95
Esfuerzo admisible a corte (fadm,v)					2,27

Anexo 7.

Panel fotográfico



Fotos 1 y 2 . inventario y seleccion de arboles muestreados



Fotos 3 y 4. Habilitado de muestreo en campo



Fotos 5 y 6. Elaboración de probetas en laboratorio para propiedades físicas y mecánicas



Fotos 7 y 8. Aclimatación y medición de probetas para propiedades físicas



Fotos 9 y 10. Pesado y secado de las probetas de propiedades físicas



Fotos 11 y 12. Ensayo de propiedades mecánicas de laboratorio



Fotos 13 y 14. Medición y pesado de contenido de humedad de ensayo de probetas mecánicas



Foto 15. Secado en estufa de probetas de propiedades mecánicas