

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y

MEDIO AMBIENTE



**“PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y CARACTERÍSTICAS
ANATÓMICAS DE *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspí)
PROVENIENTE DE PLANTACIÓN DEL DISTRITO SAN GABÁN 2019”**

TESIS PRESENTADO POR:

BACHILLER. Ccahuana Jihuallanca Ever Angel

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

Asesor M. Sc. Portal Cahuana Leif Armando

Co-asesor Ph. Dr. Zevallos Pollito Percy Amilcar

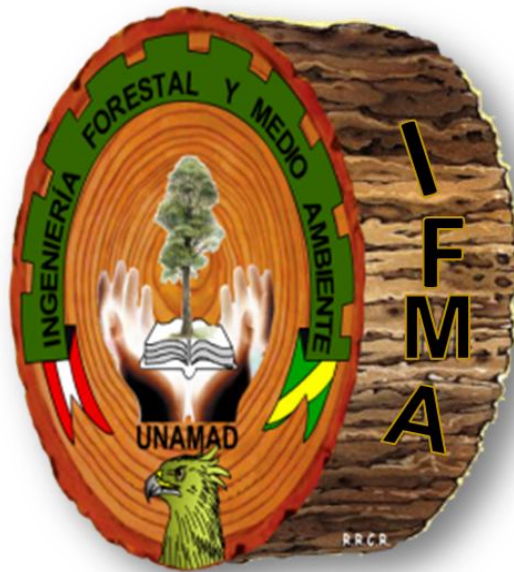
Co-asesor Ing. Anquise Ticahuanca Ruben Cesar

MADRE DE DIOS 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE



**“PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y CARACTERÍSTICAS
ANATÓMICAS DE *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspí)
PROVENIENTE DE PLANTACIÓN DEL DISTRITO SAN GABÁN 2019”**

TESIS PRESENTADO POR:

BACHILLER. Ccahuana Jihuallanca Ever Angel

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

Asesor M. Sc. Portal Cahuana Leif Armando

Co-asesor Ph. Dr. Zevallos Pollito Percy Amilcar

Co-asesor Ing. Anquise Ticahuanca Ruben Cesar

MADRE DE DIOS 2019

DEDICATORIA

A Dios por la vida, la salud, sabiduría e inteligencia y la felicidad de brindarme una familia unida.

A mis asesores y profesores de la Universidad quienes nunca desistieron al enseñarme durante mi trayectoria académica.

A mis padres Benedicta y Celestino por ser, modelo de personas de luchadores y emprendedores, digna de admiración que guiaron mis pasos y con mucho amor supieron inculcarme en mí el deseo de triunfar.

A mis hermanos Yony, Oliver, Elmer, Vilma, Luis, Paul, Jesús y Elvis, gracias por su apoyo incondicional y consejos que me dieron fuerzas.

A Leticia por su gran amor y comprensión que siempre me motivo a seguir adelante frente a las adversidades y que estuvo conmigo en las buenas y malos momentos.

A todos mis amigos y compañeros de la universidad y las personas que de alguna forma, contribuyeron en la realización de mi formación académica y profesional Gracias.

AGRADECIMIENTO

En estas líneas, quiero agradecer nuestro señor creador por haberme brindado una salud, sabiduría, entre otras en todo este tiempo de formación como persona y profesional y a todas las personas que de una u otra manera hicieron posible que este trabajo de investigación pueda ser concluido satisfactoriamente. Primero que nada, quiero agradecer a mi Madre Benedicta, quien me ha brindado siempre su apoyo, incondicional durante toda mi vida.

A mis Hermanos, que a pesar de no estar físicamente en esta ciudad sé que están orgullosos y contentos con la finalización de esta etapa de mi vida.

A mis co-asesores Ph. Dr. Percy Amilcar Zevallos Pollito, Ing. Rubén Cesar Anquise Ticahuanca y en forma muy especial a mi Asesor M. Sc. Leif Armando Portal Cahuana quien me brindó su apoyo incondicional durante toda la etapa investigatoria, a pesar de tener su agenda muy ocupada, me ayudo cuando lo necesite. Y ante todo gracias a todos mi profesores por la transmisión de sus sabios conocimientos durante la etapa de mi formación académica y profesional.

A mis amigos y compañeros que me apoyaran con el trabajo de campo. A mis compañeros, que me acompañaron en este largo camino en la universidad, quienes siempre estuvieron cuando los necesite, sin importar el día, la hora, Y a todos los demás que no nombre, gracias por compartir bellos momentos conmigo.

A todos les quedo eternamente agradecido por su bondad, paciencia y oportuna cooperación, entendimiento y apoyo incondicional.

PRESENTACIÓN

La generación de información básica y fiable cobra importancia para el manejo sostenible de los recursos forestales y de los servicios de los mismos es un aspecto fundamental para establecimientos de plantaciones forestales de una determinada especie sabiendo su adaptabilidad y crecimiento rápido en una determinada localidad estratégica donde muchas de especies reconocidas y comerciales no tienen la misma suerte.

Esta situación representa un factor clave dentro del proceso de conservación de la biodiversidad al mismo tiempo la habilitación de espacios de aprovechamiento del recurso forestal en plantaciones de manera sostenible, para mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones de la comunidad en su conjunto.

Es por ello nace la idea de la presente tesis “Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) proveniente de plantación experimental de nueve años del distrito de San Gabán-Puno 2018”

En tal efecto INIA Puno viene desarrollándose una serie de proyectos de investigación, reforestación y plantaciones experimentales por lo que se busca a través del presente estudio conocer cuáles podrían ser las especies más adecuadas, que presenten un rápido crecimiento, alto valor comercial y diversidad de usos. Dentro de este contexto *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi). Se constituye como una especie promisoría que en este medio ha desarrollado bien pero carece de información tecnológica básica y fiable que indique la calidad de la madera que se pueda tener. Las evaluaciones de los comportamientos físicos, resistencia y características anatómicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) permitirán conocer las aptitudes de uso de la madera de esta especie que en ese efecto se estaría incrementando a la gran masa forestal aprovechable maderablemente en esta región de Puno y por qué no a nivel nacional.

RESUMEN

La investigación se realizó en 2018 para conocer las propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) de plantación de la subestación experimental Agraria INIA de San Gabán; Se colectaron 5 árboles y una troza de 1,30 m por árbol de forma al azar de una población de 18, luego en una carpintería se obtuvieron tablones centrales de 8 cm; a partir de ellas se elaboraron las probetas para evaluarlos en los laboratorios de anatomía de la madera UNAMAD y tecnología de la madera de UNALM, todos los procedimientos del estudio se fundamentó en metodologías establecidas por las Normas Técnicas Peruanas, COPANT y IAWA.

Con respecto a propiedades físicas se determinó CH 122,02 %, DB 0,38 g/cm³, CV 10,74 % y CT/CR 2,77; en propiedades mecánicas presenta una flexión estática, MOE, 31,47 kg/cm², MOR 528,38 kg/cm², ELP 759,42 kg/cm²; Compresión perpendicular al grano, ELP 27,91 kg/cm²; Extracción de clavos 65,17 kg/cm²; Dureza 233,70 kg/cm²; Clivaje 29,46 kg/cm²; Cizallamiento 56,70 kg/cm²; Tenacidad 80,95 kg/cm. En características anatómicas organolépticas resalta la diferencias entre albura y duramen, olor y sabor no distintivo, grano recto, textura media, En macroscópico presenta poros visibles solitarios, con gomas, parénquima Apotraquial bandas delgadas y radios visibles con lupa 10x; y a nivel microscópicos presenta vasos de 4/mm² de longitud y diámetro de 250,81 μm, 193,35 μm; fibras libriformes, lumen 23,90 μm de diámetro; pared de fibras de 4,09 μm de espesor, radios de 27/mm² con 5 células en ancho y 44 en alto, sin inclusiones minerales

Palabras claves: Comportamientos, resistencia y cualidades de la madera, Alco kaspi, *Vochysia kosnipatae*, San Gabán.

ABSTRACT

The research was carried in 2018 out to know the physical, mechanical and anatomical properties of *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) of planting of the INIA agricultural substation in San Gabán; 5 trees and a log of 1.30 m per tree were randomly collected from a population of 18, then in a carpentry 8 cm central planks were obtained; From them, the specimens were prepared for evaluation in the UNAMAD wood anatomy and wood technology laboratories, all the study procedures were based on methodologies established by the Peruvian Technical Standards, COPANT and IAWA.

With respect to physical properties, CH 122.02%, DB 0.38 g / cm³, CV 10.74% and CT / CR 2.77 were determined; in mechanical properties it presents a static flexion, MOE, 31.47 kg / cm², MOR 528.38 kg / cm², ELP 759.42 kg / cm²; Compression perpendicular to the grain, ELP 27.91 kg / cm²; Nail extraction 65.17 kg / cm²; Hardness 233.70 kg / cm²; Clearance 29.46 kg / cm²; Shearing 56.70 kg / cm²; Tenacity 80.95 kg / cm. In organoleptic anatomical features, the differences between sapwood and heartwood, non-distinctive smell and taste, straight grain, medium texture stand out. In macroscopic it presents solitary visible pores, with gums, Apotrachial parenchyma, thin bands and visible rays with 10x magnifying glass; and at the microscopic level it has vessels of 4 / mm² in length and diameter of 250.81 μm, 193.35 μm; libriform fibers, lumen 23.90 μm in diameter; 4.09 μm thick fiber wall, 27 / mm² radii with 5 cells in width and 44 in height, without mineral inclusions

Keywords: Behaviors, resistance and qualities of wood, Alco kaspi, *Vochysia kosnipatae*, San Gaban.

INTRODUCCIÓN

La creciente restricción ambiental para realizar el aprovechamiento de maderas en bosques naturales, las plantaciones forestales constituyen una alternativa principal fuente de abastecimiento para la industria forestal a corto, mediano y largo plazo; pues, además, de la mayor productividad asociada a una mayor tasa de crecimiento de los árboles, pueden ofrecer otras ventajas a la industria forestal, como mayor uniformidad y mejor calidad de la materia prima y menores costos de producción y procesamiento industrial, para tal efecto es muy necesario y prioritario el conocimiento básico de los comportamientos físicos, capacidad de resistencia a fuerzas externa y las características anatómicas de una especie forestal, más aún, si se desea establecer una generación de plantaciones a grandes escalas sin contar estudios tecnológicos en cuanto a estos comportamientos y resistencia que pueda tener la madera de una determinada especie, porque de acuerdo a ello se puede intensificar las plantaciones sabiendo el comportamiento que tendrá la madera como producto final.

La plantación experimental de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) de nueve años del Instituto Nacional de Innovación Agraria de Puno ubicado en la provincia de Carabaya distrito de San Gabán no tiene estudios tecnológicos de la madera de la especie antes mencionada.

El presente estudio tiene por objeto determinar las propiedades físicas, mecánicas y describir las características anatómicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) para establecer los usos adecuados en función a los resultados obtenidos con la finalidad establecer espacios de plantaciones y optimizar su aprovechamiento y manejo sostenible en el distrito de San Gabán.

INDICÉ GENERAL

| | Pagina |
|--|--------|
| DEDICATORIA | V |
| AGRADECIMIENTO | VI |
| PRESENTACIÓN | VII |
| RESUMEN..... | VIII |
| ABSTRACT..... | IX |
| INTRODUCCIÓN..... | X |
| INDICÉ GENERAL | XI |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XIV |
| INDICÉ FIGURAS..... | XIV |
| CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 17 |
| 1.1. Descripción del problema | 17 |
| 1.2. Formulación del problema | 17 |
| 1.3. Objetivos..... | 18 |
| 1.3.1.- Objetivo general | 18 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 18 |
| 1.4. Formulación de hipótesis | 19 |
| 1.5. Variables..... | 19 |
| 1.6. Operacionalización de variables | 20 |
| 1.7. Justificación | 22 |
| 1.8. Importancia..... | 22 |
| 1.9. Consideraciones éticas..... | 23 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 24 |
| 2.1. Antecedente de estudio | 24 |
| 2.1.1. Estudios realizados a nivel internacional | 24 |
| 2.1.2. Estudios realizados a nivel nacional | 26 |
| 2.1.3. Estudios realizados a nivel local | 28 |
| 2.2. Bases teóricas y términos básicos..... | 31 |
| 2.2.1. Clasificación taxonómica | 31 |
| 2.2.2. Descripción de la especie | 32 |
| 2.2.3. Definición de términos básicos | 33 |

| | Pagina |
|--|-----------|
| 2.2.4. Propiedades físicas de la madera..... | 33 |
| 2.2.5. Propiedades mecánicas de la madera..... | 37 |
| 2.2.6. Anatomía de la madera..... | 39 |
| 2.3. Factores que inciden sobre las propiedades físicas y mecánicas | 46 |
| 2.4. Usos posibles de la madera y ventajas | 47 |
| 2.5. Clasificación de madera según los valores tecnológicos..... | 48 |
| CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE INVESTIGACION Y MATERIALES | 54 |
| 3.1. Tipo de estudio | 54 |
| 3.2. Diseño del estudio | 54 |
| 3.3. Población y muestra | 54 |
| 3.3.1. Población | 54 |
| 3.3.2. Ubicación geográfica de la población de Alco kaspi | 55 |
| 3.3.3. Descripción del Área de Estudio..... | 56 |
| 3.3.4. Características climáticas | 56 |
| 3.3.5. Muestra..... | 56 |
| 3.4. Materiales | 57 |
| 3.4.1. Material biológico..... | 57 |
| 3.4.2. Material de campo | 57 |
| 3.4.3. Equipos para preparación de las probetas | 58 |
| 3.4.4. Materiales de laboratorio | 58 |
| 3.4.5. Materiales de gabinete..... | 59 |
| 3.5. Metodología de la investigación..... | 59 |
| 3.5.1. Etapa de pre campo | 60 |
| 3.5.2. Etapa de campo..... | 60 |
| 3.5.3. Etapa de elaboración de probetas | 64 |
| 3.5.4. Etapa de laboratorio | 69 |
| 3.5.5. Etapa gabinete..... | 83 |
| CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACION..... | 92 |
| 4.1. Propiedades físicas | 92 |
| 4.1.1. Contenido de humedad (CH) | 92 |
| 4.1.2. Densidad de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 95 |
| 4.1.3 Contracciones de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 98 |
| 4.1.4. Índice de estabilidad de la madera de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | 103 |

| | Pagina |
|---|--------|
| 4.1.5. Anisotropía de madera de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | 106 |
| 4.2. Propiedades mecánicas | 107 |
| 4.2.1. Flexión estática de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 107 |
| 4.2.2. Compresión perpendicular al grano..... | 109 |
| 4.2.3. Cizallamiento de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | 109 |
| 4.2.4. Dureza de la madera de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | 110 |
| 4.2.5. Tenacidad de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 111 |
| 4.2.6. Clivaje de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 112 |
| 4.2.7. Extracción de clavos de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 113 |
| 4.3. Descripción de las características anatómicas | 115 |
| 4.3.1. Características generales u organolépticas | 115 |
| 4.3.2. Características macroscópicas de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | 117 |
| 4.3.3. Características microscópicas de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | 119 |
| 4.4. Clasificación de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | 124 |
| 4.5. Comparación y los posibles usos de <i>Alco kaspi</i> | 127 |
| CONCLUSIONES..... | 130 |
| RECOMENDACIONES..... | 131 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 132 |
| ANEXOS:..... | 136 |
| ANEXOS..... | 137 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pagina |
|--|--------|
| Tabla 01. Operacionalización de las variables..... | 21 |
| Tabla 02. Propiedades Físicas de <i>Erismia uncinatum</i> Warm (Catuaba)..... | 28 |
| Tabla 03. Elementos de Xilemáticos <i>Erismia uncinatum</i> Warm (Catuaba)... | 30 |
| Tabla 04. Clasificación según las propiedades físicas de la madera. | 48 |
| Tabla 05. Clasificación según las propiedades mecánicas de la madera | 49 |
| Tabla 06. Clasificación según las características microscópicas. | 51 |
| Tabla 07. Clasificación según el coeficiente de variación. | 53 |
| Tabla 08. Inventario de la plantación experimental de Alco kaspi..... | 61 |
| Tabla 09. Arboles seleccionados de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 62 |
| Tabla 10. Codificación de las trozas muéstrales de Alco kaspi..... | 63 |
| Tabla 11. Dimensiones de probetas de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. 66 | 66 |
| Tabla 12. Codificación de las probetas de para los ensayos físicos | 69 |
| Tabla 13. Dimensiones de mini probetas de propiedades mecánicas. | 78 |
| Tabla 14. Normas técnicas peruanas para propiedades físicas. | 84 |
| Tabla 15. Normas técnicas peruanas para propiedades mecánicas..... | 87 |
| Tabla 16. Normas técnicas para descripción anatómica..... | 90 |
| Tabla 17. Contenido de humedad de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa.... | 93 |
| Tabla 18. Análisis de varianza de CH de Alco kaspi por arboles..... | 94 |
| Tabla 19. Comparación de medias de CH en arboles de Alco kaspi | 94 |
| Tabla 20. Densidad de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 96 |
| Tabla 21. Análisis de varianza de DB de Alco kaspi por arboles | 97 |
| Tabla 22. Comparación de medias de DB en arboles de Alco kaspi | 97 |
| Tabla 23. Contracción de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 99 |
| Tabla 24. Análisis de varianza de CV de Alco kaspi por arboles | 100 |

| | Pagina |
|---|--------|
| Tabla 25. Comparación de medias de CV en arboles de <i>Alco kaspi</i> | 100 |
| Tabla 26. Análisis de varianza de Cr de <i>Alco kaspi</i> por árboles. | 101 |
| Tabla 27. Análisis de varianza de Ct _g de <i>Alco kaspi</i> por árboles..... | 101 |
| Tabla 28. Comparación de medias de CT _g en árboles de <i>Alco kaspi</i> | 102 |
| Tabla 29. Análisis de varianza de Cl _g de <i>Alco kaspi</i> por arboles..... | 102 |
| Tabla 30. Comparación de medias de C L _g en arboles de <i>Alco kaspi</i> | 103 |
| Tabla 31. Índice de estabilidad de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 104 |
| Tabla 32. Análisis de varianza de índice de estabilidad por árboles..... | 105 |
| Tabla 33. Comparación de medias de índice de estabilidad entre árboles. | 105 |
| Tabla 34. Flexión estática de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 108 |
| Tabla 35. Compresión perpendicular al grano. | 109 |
| Tabla 36. Cizallamiento de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 110 |
| Tabla 37. Dureza de la madera de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 111 |
| Tabla 38. Tenacidad de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 112 |
| Tabla 39. Resistencia al clivaje de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 113 |
| Tabla 40. Extracción de clavos de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 114 |
| Tabla 41. Características organolépticas de <i>Alco kaspi</i> | 116 |
| Tabla 42. Características macroscópicas de <i>Alco kaspi</i> | 118 |
| Tabla 43. Ficha biométrica de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 120 |
| Tabla 44. Clasificación de las propiedades físicas de <i>Alco kaspi</i> | 124 |
| Tabla 45. Clasificación de las propiedades mecánicas de <i>Alco kaspi</i> | 125 |
| Tabla 46. Clasificación microscópica de <i>Alco kaspi</i> | 126 |
| Tabla 47. Comparación de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 127 |
| Tabla 48. Comparación de propiedades mecánicas de <i>Alco kaspi</i> | 128 |
| Tabla 49. Usos recomendados de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 129 |

INDICÉ FIGURAS

| | Pagina |
|---|--------|
| Figura 1. Microfotografías de características anatómicas de Chancaquero. | 27 |
| Figura 2. Muestra botánica de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 31 |
| Figura 3. Distribución de geográfica de <i>Vochysia kosnipatae</i> huamantupa. | 32 |
| Figura 4 Ubicación geográfica de la plantación experimental de Alco kaspi. | 55 |
| Figura 5. Direccionamiento de los cortes dentro de una troza muestral. | 65 |
| Figura 6. Modo de ensayo de flexión estática..... | 71 |
| Figura 7. Modo de ensayo de compresión perpendicular. | 72 |
| Figura 8. Posición de los clavos para ensayo de extracción de clavos..... | 73 |
| Figura 9. Posición de la probeta para el ensayo de Cizallamiento..... | 74 |
| Figura 10 Modo de ensayo de dureza de la madera..... | 75 |
| Figura 11. Probadora de tenacidad para ensayo de tenacidad. | 76 |
| Figura 12. Modos de ensayo de resistencia al clivaje de la madera | 77 |
| Figura 13. Contenido de humedad de la madera verde entre árboles. | 93 |
| Figura 14. DB por árbol de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | 95 |
| Figura 15. CV por árbol de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 100 |
| Figura 16. Índice de estabilidad de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 104 |
| Figura 17. Anisotropía de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa. | 106 |
| Figura 18. Sección transversal seca y fresca de Alco kaspi. | 115 |
| Figura 19. Corte tangencial y radial de Alco kaspi. | 117 |
| Figura 20 Grano de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa..... | 119 |
| Figura 21. Secciones microscópicas de láminas de Alco kaspi. | 123 |
| Figura 22. Fibras microscópicas de la madera de Alco kaspi. | 123 |
| Figura 23. Vasos microscópicas de la madera de Alco kaspi. | 123 |

CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

El no disponer de la información tecnológica básica y elemental de los comportamientos físicos, cualidades de resistencia a fuerzas externas y características anatómicas de la madera de una especie forestal tropical que tiene la alta capacidad de adaptabilidad, crecimiento, abundancia en un medio con lleva al hombre a ignorar la importancia y el uso apropiado de la madera de especies forestales nativos poco conocidas, por lo tanto se comete el error de sobreexplotación de las especies conocidas y estudiadas elevando así la tasa de extinción de las mismas de un medio.

Es por tal motivo como parte de las estrategia de fomento de proyectos de restauraciones forestales a través de plantaciones masivas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Puno requiere el conocimiento íntegro de la información tecnológica básica y elemental de las propiedades físicas, mecánicas y las características anatómicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) especie poco conocida, para así colaborar en la disminución de la tasa de sobreexplotación de especies conocidas mediante el establecimiento de plantaciones forestales porque generalmente esta especie tiende a una producción de madera lenta, por tener crecimiento bajo, más aun si se habla de bosques naturales

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles serán las Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) proveniente de una plantación experimental de ocho años del distrito de San Gabán?

1.3. Objetivos

1.3.1.- Objetivo general

Determinar las propiedades físicas, mecánicas y describir las características anatómicas de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) proveniente de una plantación experimental de ocho años del distrito de San Gabán - provincia de Carabaya, Puno

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas como contenido de humedad (CH), densidad básica (DB), densidad anhidra (Da), contracciones (volumétrica (CV), tangencial (CTg), radial (CRd) y el índice de estabilidad Ctg/CRd de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) proveniente de una plantación experimental de ocho años del distrito de San Gabán.
- Determinar las propiedades mecánicas como flexión estática, compresión perpendicular al grano, resistencia al cizallamiento, dureza, tenacidad, resistencia al clivaje y resistencia al extracción de clavos de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) proveniente de una plantación experimental de ocho años del distrito de San Gabán.
- Describir las características anatómicas como macroscópicas (olor, grano, brillo, textura, veteado, anillos y radios) y microscópicas (poros, parénquima, fibras y vasos) de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) proveniente de una plantación experimental de ocho años del distrito de San Gabán.
- Proponer los usos adecuados en función a resultados y clasificación de las propiedades físicas, mecánicas y las características anatómicas de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) proveniente de una plantación experimental de ocho años del distrito de San Gabán.

1.4. Formulación de hipótesis

Es necesario aclarar que la presente investigación a través de tesis de grados es del tipo básica, por lo que solo se describe y caracterizan las propiedades físicas, mecánicas y anatómicas de la madera. Como en otras tesis a nivel nacional en el mismo tema no cuentan con hipótesis (UNALM, UNU, UNAJ, etc.). En ese sentido sería inadecuado hacer una hipótesis a este tipo de investigaciones como ya en su momento diversos especialistas en investigación que dictaron cursos a los docentes aclararon que este tipo de investigaciones por ser básicas no llevan hipótesis.

1.5. Variables

Los valores que se usaron en la presente investigación de propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *Vochysia kosnipatae* huamantupa (Alco kaspi) proveniente de plantación del distrito San Gabán 2019", son: Los valores de las características anatómicas (Variables Independientes) y los valores de las propiedades físicas y mecánicas (Variables Dependientes); los cuales se detallan a continuación:

a) Variables Independientes:

- Diámetro de poros (μm).
- Longitud de elementos vasculares (μm).
- Número de poros por mm^2 .
- Diámetro de fibras (μm).
- Espesor de pared de las fibras (μm).
- Número de radios por mm^2 .
- Número de células, altura y ancho de los radios.
- Radios, altura (μm).

b) Variables Dependientes:

- Densidad básica (g/cm^3).
- Densidad verde (g/cm^3).
- Densidad Anhidra (g/cm^3).
- Contracciones longitudinal, radial, tangencial y volumétrica (%).
- Índice de estabilidad (T/R).

- Flexión estática (g/cm²)
- Cizallamiento paralelo al grano (g/cm²)
- Compresión perpendicular al grano (g/cm²)
- Dureza (g/cm²)
- Extracción de clavos (g/cm²)
- Tenacidad(g/cm)
- Clivaje(g/cm²)

1.6. Operacionalización de variables

En la (Tabla 01) se resume las operacionalización de las variables independientes y variables dependientes de la presente investigación.

Tabla 01. Operacionalización de las variables

| VARIABLES | INDICADORES | | INSTRUMENTO | UNIDAD | FUENTE |
|--|---|---|---|--------------------|-------------|
| Flexión estática | kilogramos centímetros cuadrados | y | Estimación método indirecto | kg/cm ² | NPT 251.017 |
| Cizallamiento paralelo al grano | kilogramos centímetros cuadrados | y | Estimación método indirecto | kg/cm ² | NPT 251.013 |
| Compresión perpendicular al grano | kilogramos centímetros cuadrados | y | Estimación método indirecto | kg/cm ² | NPT 251.016 |
| Dureza | kilogramos centímetros cuadrados | y | Estimación método indirecto | kg/cm ² | NPT 251.015 |
| Extracción de clavos | kilogramos centímetros cuadrados | y | Estimación método indirecto | kg/cm ² | NPT 251.036 |
| Tenacidad | kilogramos centímetros | y | Estimación método indirecto | kg/cm | NPT 251.018 |
| Clivaje | kilogramos centímetros cuadrados | y | Estimación método indirecto | kg/cm ² | NPT 251.019 |
| Humedad de la madera | Peso húmedo peso seco. | y | Estimación método indirecto | % | NTP 251.010 |
| Densidad de la madera | Peso seco volumen verde. | y | Estimación método indirecto | g/cm ³ | NTP 251.011 |
| Contracción de la madera | Volumen verde volumen seco. | y | Estimación método indirecto | % | NTP 251.012 |
| Diámetro tangencial de poros | Medición del diámetro de poros. | | Láminas histológicas en el corte transversal. | μm | IAWA |
| Diámetro de Fibras | Medición del diámetro de fibras | | Láminas de tejido macerado | | |
| Longitud de elementos vasculares | Medición longitudinal de los elementos vasculares | | Láminas de tejido macerado | μm. | IAWA |
| Número de vasos y radios por mm ² . | Contar cuantos vasos y radios hay en un mm ² | | Láminas histológicas en el corte transversal. | μm | IAWA |
| Radios número de células, altura y ancho. | Contar cuantas células de radio hay en ancho y alto | | Láminas histológicas en el corte tangencial | μm | IAWA |

Fuente: elaboración propia

1.7. Justificación

- **Científicamente.-** El presente estudio servirá como referencia a todo estudiante e investigador y población interesados en esta temática, para ampliar los conocimientos tecnológicos y científicos de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi)
- **Económicamente.-** Los resultados servirá para establecer los usos adecuados de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) reduciendo así la mala aplicación del producto forestal en las diferentes necesidades que el hombre pueda establecer como necesidad.
- **Socialmente.-** Los resultados de las cualidades tecnológicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) servirán a estudiantes y público en general que desarrollen actividades relacionadas a la Madera, para identificar, conocer, uso adecuado de la madera transformada entre otros,
- **Legalmente.-** Los resultados de los estudio de las cualidades tecnológicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) en términos legales servirá al Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA Puno, para que a partir de ella puedan establecer programas de restauraciones forestales (plantaciones forestales) en el distrito de San Gabán.

1.8. Importancia

Al no existir estudios de características internas y comportamientos de la madera en para usos probables de la madera de especie *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) procedentes de plantación experimental de ocho años del Distrito de San Gabán.

Es por ello la importancia el de contribuir al conocimiento tecnológico de esta especie forestales poco conocida, para así diversificar de especies forestales de interés comercial con lo cual se podrá sugerir, probar, validar y difundir las posibilidades de diversificación de los productos forestales de plantaciones en la región lo que repercutirá en un beneficio directo a los poseedores y transformadores del recurso.

Es a partir de estos supuestos e incertidumbres que se plantea como objetivo principal de este proyecto de investigación, la evaluación anatómica y propiedades físicas, mecánicas de la especie *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) Estas características nos llevaran a permitir recomendar el usos más adecuados y el aprovechamiento óptimo en la industria de la transformación de la madera así como también diversificar nuestras especies forestales en plantaciones masivas.

1.9. Consideraciones éticas

En la presente investigación se desarrolló todas las etapas con total responsabilidad y cumplimiento de los principios básicos y metodologías establecidas por las Normas Técnicas Peruanas, COPANT y IAWA y respetando la Ley Forestal N° 29763 y Ley General del Ambiente N°28611.

por tanto se cumplieron todos los objetivos propuestos con total satisfacción, las decisiones realizadas en cada etapa de la investigación fueron encaminadas a asegurar tanto la calidad de la tesis, como la seguridad y el bienestar de las personas involucrados, cumpliendo con los reglamentos, normativas y aspectos legales pertinentes, Así mismo se cumplió con el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios con Resolución de Consejo Universitario N°541-2018-UNAMAD-CU.

QUISPE (2018) Como otras investigaciones esta sigue “los lineamientos éticos básicos de honestidad, objetividad, respeto de los derechos de terceros, relaciones de equidad e igualdad, así como un análisis crítico para evitar cualquier riesgo y consecuencias perjudiciales, tanto del investigador como de los colaboradores.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedente de estudio

Al no existir estudios realizados en este campo a nivel local, a nivel nacional e internacional para esta especie, las referencias que se está tomando es a especies de la misma familia de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi), así como también a especies de similar valor de los ensayos realizados.

2.1.1. Estudios realizados a nivel internacional

Delgado (2013) detalla para madera de *Vochysia vismiifolia* Spruce ex Warm (dormilón, oreja de burro reporta lo siguiente:

Para características de la madera de color la albura es de color marrón muy pálido con transición abrupta a duramen de color amarillo rojizo, vetado acentuado, definido por anillos de crecimiento y líneas verticales oscuras paralelas, olor No distintivo, lustre o brillo Medio, grano recto, textura gruesa, en propiedades físicas con densidad básica : $0,37 \text{ g/cm}^3$, contracción tangencial 11,5 %, contracción radial : 4,5 %, contracción volumétrica 15,5 % Relación T/R 2,7; para propiedades mecánicas con módulo de elasticidad en flexión $100\,000 \text{ kg/cm}^2$, módulo de rotura en flexión 624 kg/cm^2 , compresión paralela (RM) 354 kg/cm^2 , Compresión perpendicular (ELP) 27 kg/cm^2 , Corte paralelo a las fibras 56 kg/cm^2 , dureza en los lados 216 kg, tenacidad (resistencia al choque) $0,61 \text{ kg/cm}$. Consiguientemente se designó el uso en chapas para triplex, cajonería, carpintería, construcciones livianas, juguetería, moldurados para revestimiento de interiores, pulpa, tableros enlistonados y aglomerados, madera machihembrada, muebles, cajas para puros, fósforos y encofrados.

Del mismo modo para *Erisma uncinatum* Warm (*Arenillo del blanco, badigue*) Color: Albura de color pardo amarillento grisáceo (HUE 10 YR 7/2), transición abrupta a duramen de color castaño rojizo (HUE 7,5 YR 7/4) de olor no distintivo con lustre o brillo medio a alto de grano recto, con textura gruesa, con veteado o figura acentuado, definido por líneas vasculares oscuras. De densidad básica de $0,49 \text{ g/cm}^3$, contracción tangencial 8,6 %, contracción radial 4,7 %, contracción volumétrica, relación T/R : 1,82; Para propiedades mecánicas de módulo de elasticidad en flexión : $127\ 000 \text{ kg/cm}^2$, módulo de rotura en flexión : $1\ 045 \text{ kg/cm}^2$, compresión perpendicular (ELP) : 75 kg/cm^2 , Dureza en los lados : 437 kg, Tenacidad (resistencia al choque) : $2,01 \text{ kg/cm}$.

Consiguientemente se designó el uso en carpintería, ebanistería en general, muebles, productos para revestimientos de interiores, construcciones normales, carretería, botes, pisos (parquet) y gabinetes.

De igual manera para madera de *Vochysia ferruginea* (soroga) reporta lo siguiente. En características de la madera de color albura es de color blanco rosáceo, con transición gradual a duramen de color rosado y líneas vasculares de color marrón rojizo., con olor no distintivo de lustre o brillo medio a bajo, grano recto a regular, textura gruesa, veteado o figura Líneas vasculares y jaspeado pronunciado ; en propiedades físicas lo siguiente densidad básica $0,42 \text{ g/cm}^3$, contracción tangencial 7,3 %, contracción radial 4,1 %, contracción volumétrica 11,4 %, Relación T/R 1,78 y para propiedades mecánicas en módulo de elasticidad en flexión $113\ 000 \text{ kg/cm}^2$, Módulo de rotura en flexión, 928 kg/cm^2 , Compresión paralela (RM), 520 kg/cm^2 , Compresión perpendicular (ELP) , 82 kg/cm^2 , Corte paralelo a las fibras : 78 kg/cm^2 , Dureza en los lados : 460 kg, Tenacidad (resistencia al choque), $2,24 \text{ kg/cm}^2$.

Consiguientemente se designó el uso en mangos de herramientas, cañas de pescar, paraguas, chapas para triplex, muebles, chapas decorativas, cajonería y encofrados, respectivamente.

2.1.2. Estudios realizados a nivel nacional

Gonzales (2010) en su libro “atlas de maderas de la selva central” menciona para *vochysia vismiifolia* spruce & warming (Chancaquero) lo siguiente.

a) Para las características organolépticas:

La madera de Chancaquero presenta diferenciada albura color marrón muy pálida cambia gradualmente a duramen color marrón pálido, olor y sabor indistinto, textura media a gruesa, brillo medio ha elevado, veteados arcos superpuestos, grano oblicuo.

b) Para las características macroscópicas:

De igual forma Chancaquero presenta poros visibles a simple vista, mayormente solitarios redondeados y múltiples radiales, porosidad difusa, disposición tangencial, promedio de poros/cm² moderadamente poco, parénquima en bandas discontinuas y radios medianos visible a simple vista, promedio de radios/5 mm poco, altura de radios, radios de dos tamaños distintos, no estratificados, anillos de crecimiento distintos.

c) Para las características microscópicas:

Chancaquero presenta anillos de crecimiento limitados por una banda de fibras acortadas radialmente, porosidad difusa, disposición tangencial, poros mayormente solitarios redondeados y escasos múltiples radiales de 2 a 4, perforación simple punteadura intervascular alterna, apertura incluida ornada, punteadura radio vascular similar a la intervascular, goma en canales traumáticos, fibrotraqueidas presentes, fibras de paredes gruesas, parénquima axial en bandas, aliforme y confluyente, parénquima axial fusiforme y septado, radios heterogéneos uniseriados y multiseriados de 1 a 6 células de ancho, tipo 1 y 2, composición celular radios procumbentes con 1 a 3 filas de células marginales cuadradas, inclusiones inorgánicas ausentes y características cuantitativas de diámetro tangencial promedio del lumen de vasos 291,79 µm, promedio de longitud de vasos 628,95 µm, promedio de longitud de fibras 1559,05 µm, ancho promedio de radios 72,59 µm, alto promedio de radios 1242,9 µm, tamaño promedio de punteaduras pequeño 7,6 µm (Figura 1).



Fuente: (Gonzales 2010).

Figura 1. Microfotografías de características anatómicas de Chancaquero.

2.1.3. Estudios realizados a nivel local

Portal (2008), estudió las Propiedades físico - mecánico y características anatómicas de la especie *Crepidospermum goudotianum* (Tul.) Triana & Planch (Palo Bastón) –proveniente del Tahuamanu- Madre de Dios. Y con el resultado obtenido de los diferentes ensayos se llegó a la conclusión que los posibles usos de La especie serían para pisos y parquet principalmente.

Así mismo, Morvely (2014), en su tesis “Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especies *Erisma uncinatum* Warm (Catuaba) y *Dacryodes peruviana* (Loes) H.J. Lam proveniente de la provincia de Tambopata Madre de Dios”. En el (Cuadro 2) se detallan los resultados de propiedades físicas como:

Tabla 02. Propiedades Físicas de *Erisma uncinatum* Warm (Catuaba)

| Contenido de Humedad (%) | Densidad básica | Densidad anhidra | Contracciones | | | | T/R |
|---------------------------|-----------------|------------------|---------------|----------------|------------------|-----------------|-----|
| | | | Radial (%) | Tangencial (%) | Longitudinal (%) | Volumétrico (%) | |
| 121 | 0,47 | 0,53 | 4,03 | 9,51 | 0,28 | 11,47 | 2,4 |
| Desviación estándar | 0,003 | 0,003 | 0,130 | 0,294 | 0,083 | 0,065 | |
| Coefficiente de Variación | 0,676 | 0,603 | 3.234 | 3.088 | 29.443 | 0,565 | |

Fuente: (Morvely 2014)

- a) **Características organolépticas:** En condición seca al aire, existe cambio abrupto de albura a duramen. La albura es de color Blanco amarillento (5 YR 8/2) y el duramen de color marrón claro rojizo (5R 6/6). Anillos de crecimiento diferenciado por bandas oscuras de forma regular. Olor y sabor no distintivos, grano recto, textura media, brillo medio, vetada en el corte tangencial en arcos superpuestos y en el corte radial jaspeado. Moderadamente dura al corte con cuchilla.
- b) **Descripción Macroscópica:** Poros: Madera de porosidad difusa. Poros ligeramente visible a simple vista, mayormente solitarios y escasamente múltiples radiales de dos, de forma redonda, con presencia de tilosis. Parénquima: líneas o bandas angostas visible a simple vista. Radios: Visible con lupa de 10X. No estratificados, líneas vasculares irregulares con aspecto brillante por la presencia de la tilosis, poco contrastado en la sección radial.
- c) **Descripción Microscópica:** La catuaba presenta poros difusos, de forma redonda, diámetro tangencial promedio de 258,85 μm , clasificado como muy grande (rango de $\pm 45,45$). En promedio dos poros por mm^2 (rango de $\pm 0,91$), mayormente solitarios y escasamente múltiples radiales de dos.

Longitud promedio de elementos vasculares 538 μm , clasificados como medianos (rango de $\pm 103,44$). Parénquima: Abundante, fácilmente visible a simple vista, del tipo en líneas o bandas angostas. De color más claro que el tejido fibroso. Radios: En la sección tangencial altura promedio de 545 μm , clasificados como cortos (rango de ± 130), 31 células de altura (rango de ± 8), dos células de ancho (rango de $\pm 0,42$). De 5 radios un mm^2 clasificados como poco numerosos (rango de ± 2). Fibras: Libriformes, longitud promedio 1 380 μm , clasificado como cortas (rango de ± 205), en promedio 20 μm de ancho clasificado como pequeño, de paredes gruesas con un espesor promedio de 4 μm , (rango de $\pm 0,76$), no estratificados, los datos detallados en (Cuadro 1).

Tabla 03. Elementos de Xilemáticos *Erisma uncinatum* Warm (Catuaba)

| Variable | N° de datos | Media | Desviación Estándar | Valor Mínimo | Valor Máximo | C.V. (%) |
|---|-------------|----------|------------------------|--------------|--------------|----------|
| Diámetro de los poros (μm) | 50 | 258,85 | 45,45 | 258,85 | 45,45 | 18 |
| Numero de poros en un mm^2 | 50 | 2,06 | 0,91 | 2,06 | 0,91 | 44 |
| Altura de los radios (μm) | 50 | 544,59 | 130,13 | 544,59 | 130,13 | 24 |
| Ancho de los radios (μm) | 50 | 172,49 | 8,09 | 172,49 | 8,09 | 26 |
| Número de células en la altura de los radios | 50 | 31,20 | 8,07 | 31,20 | 8,07 | 26 |
| Número de células en el ancho de los radios | 50 | 2,16 | 0,42 | 2,16 | 0,42 | 20 |
| Numero de radios en un mm^2 | 50 | 5,00 | 1,07 | 5,00 | 1,07 | 34 |
| Diámetro las fibras (μm) | 50 | 19,52 | 3,07 | 19,52 | 3,07 | 16 |
| Espesor pared de las fibras (μm) | 50 | 4,07 | 0,76 | 4,07 | 0,76 | 19 |
| Longitud las fibras (μm) | 50 | 1 380,27 | 205,47 | 1 380,27 | 205,47 | 15 |
| Longitud de los vasos (μm) | 50 | 538,07 | 103,44 | 538,07 | 103,44 | 19 |

Fuente: (Morvely 2014)

2.2. Bases teóricas y términos básicos

2.2.1. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Myrtales

Familia: Vochysiaceae

Género: *Vochysia*

Especie: *kosnipatae* Huamantu



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Muestra botánica de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

2.2.2. Descripción de la especie

Huamantupa (2005) Caracteriza a *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) como árboles hasta 45 m de alto aproximadamente. Las hojas se caracteriza por la longitud con presencia de aurículas en la base de la hoja, pubescencia en el haz, y en las flores el cuarto lobulo del cáliz presenta un estandarte totalmente revoluto en forma de “C”, pétalos pequeños casi vestigiales, fruto desarrollado, se discute con *Vochysia stafleui* Marc. Berti, la cual presenta más afinidad, conocido de una colección realizada en la cuenca del Alto Madre de Dios, en los límites del Parque Nacional del Manu y en el área de la reserva de la biósfera y en zonas tropicales.

(Vianna, 2006) Describe para Vochysiaceae que es una familia de plantas fanerógamas perennes, incluyendo árboles y arbustos. La familia consiste en alrededor de 200 especies dentro de ocho géneros. Seis de los géneros son nativos de los trópicos de Centroamérica, México y Suramérica tropical. Sin embargo (Brako & Zarucchi, 1993) mencionan que la familia Vochysiaceae es reconocida en el Perú por presentar cuatro géneros y 32 especies, todas árboles. En este trabajo reconocemos dos especies endémicas en el género *Qualea*.

Por otra parte la distribución geográfica reportada hasta el momento de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) solo se encuentra en América del Sur, específicamente en los países de Bolivia (La Paz) y Perú (Cusco y Puno) (Figura 3).



Fuente: (Tropicos.org 2019)

Figura 3. Distribución de geográfica de *Vochysia kosnipatae* huamantupa.

2.2.3. Definición de términos básicos

- **Troza.-** Es la parte del árbol de longitud variable y libre de ramas obtenida por corte transversal en el árbol seleccionado y que representará a la especie en los ensayos a realizar.
- **Vigueta.-** Parte seleccionada de la troza de sección suficiente a partir de la vigueta seleccionada para el estudio de las propiedades de la madera.
- **Probeta.-** Pieza de dimensiones y forma específica que se prepara a partir de la vigueta seleccionada para el estudio de las propiedades de la madera (Portal 2008).
- **Ensayo.-** Es la operación de medir algunas manifestaciones de las propiedades de dicho material. El objeto de los ensayos es de caracterizar a la materia madera determinando sus cualidades intrínsecas y sus posibilidades de utilización. Estos ensayos se efectúan en probetas de pequeñas dimensiones, sin nudos ni defectos.

2.2.4. Propiedades físicas de la madera

Las propiedades de la madera dependen de muchos factores: Tipo de árbol, condiciones ambientales y del terreno en el cual han crecido, edad y composición de la madera, proceso de secado etc.

Todas las propiedades físicas de la madera, son grandemente afectadas por las fluctuaciones de la humedad. Las fuerzas de atracción entre la madera seca y el agua son tan grandes que resulta imposible su unión y en consecuencia la madera es una sustancia higroscópica (Arroyo 1983).

a) Contenido de humedad (CH) de la madera.- Según ala NTP 251.010 el contenido de humedad de la madera es la cantidad de agua contenida en la madera, generalmente expresada como un porcentaje de la masa de la madera seca a la estufa, sin embargo el contenido de humedad de la madera u otros materiales a base de madera se puede expresar ya sea como un

porcentaje de la masa seca al horno de la muestra (base seca a la estufa) o como un porcentaje de la masa inicial (base húmeda).

Los métodos descritos en esta norma se refieren a la base seca a la estufa. Debido a que se utiliza la masa seca al horno, los valores del contenido de humedad pueden superar el 100 %.

La determinación del contenido de humedad de la madera sólida se complica un más cuando se utiliza un método térmico debido a la degradación térmica, lo que provoca que la masa final sin humedad disminuya a partir de pequeñas pero continuas pérdidas. Por lo tanto el contenido de humedad es una de las variables más importantes que afectan las propiedades de la madera. Los procedimientos establecidos en estos métodos de ensayo están estructurados de forma tal que permitan su aplicación en todo rango de uso, desde la investigación básica hasta el procesamiento industrial.

Tuset (1989) y Rosales (2015) mencionan que el contenido de humedad de una madera influye mucho en su peso por lo tanto en su comercialización a la vez que afecta otras propiedades físicas como el peso específico y la contracción o hinchamiento de sus dimensiones, las propiedades de resistencia mecánica y de resistencia al ataque de hongos e insectos xilófagos.

La madera al ser un material higroscópico, tiene la propiedad de absorber y ceder agua. El agua en la madera se presenta, en tres condiciones o niveles; éstas son: agua libre, agua higroscópica y agua de constitución. La disminución o eliminación del agua en la madera se puede producir natural o artificialmente. La humedad de la madera se equilibra con la del medio ambiente, y varía según ésta en invierno o verano y durante el día (Wright 1992 y Rosales 2015).

El contenido de humedad en árboles vivos puede variar entre 30 a 400 % a más, tal variación está en función de la especie, condiciones de crecimiento y densidad básica (DB) de su madera. Conocer el contenido de humedad de la madera a secar no necesariamente indica la cantidad de agua a extraer, ya que un mismo nivel de contenido de humedad podrá significar cantidades de

agua muy diferentes, dependiendo de la DB que caracterice a una determinada madera (Rosales 2015).

b) Densidad de la madera.- Es una de las características más importantes de la madera es la densidad básica, que se define como la relación entre el peso seco al horno y su volumen verde. La densidad de la madera tiene gran influencia en las propiedades mecánicas, (Cuevas 2003).

Simpson y Tenwolde (1999) Especifican que la densidad de la madera no es un valor fijo, por el contrario varía en un rango de 0,16 a 1,04 g/cm³ que tal variación se debe a que la estructura anatómica, contenido de humedad y relación albura/duramen es diferente en cada especie.

Por otro lado según NTP 251.011 la densidad: Es la razón entre el peso y el volumen de la madera a un determinado contenido de humedad, entre tanto en madera saturada A los efectos de esta NTP, se considera como madera saturada aquella que ha alcanzado el máximo contenido de humedad al haber sido previamente sumergida en agua.

Por consiguiente en madera seca al aire en ambiente normalizado es a los efectos de esta; aquella que ha adquirido un equilibrio de humedad en un ambiente de 65 % ± 2 % de humedad relativa y 20 °C ± 1 °C de temperatura. Y en maderas anhidra: Es aquella en la que se ha eliminado todo su contenido de humedad.

Kolman (1959) Detalla que a la densidad es la relación entre la masa de una probeta y su volumen, medidas ambas en las mismas condiciones de humedad, la densidad de una madera es uno de los datos más importantes para su clasificación técnica, ya que existe una relación bastante constante entre densidad y resistencia mecánica, las maderas más pesadas son por lo general más resistentes.

JUNAC (1989) sostienen que la densidad básica es una medida de la cantidad de material sólido que posee la madera y tiene una marcada influencia en la resistencia mecánica de esta. En probetas pequeñas libres de defectos, puede esperarse que la resistencia sea directamente proporcional a la

densidad, es decir, a mayor densidad mayor resistencia. Los ensayos de laboratorio con estas probetas, indican que existe buen nivel de correlación entre todas y cada una de las propiedades mecánicas y la densidad del material en estudio.

c) Contracción de la madera.- Se define a la contracción como la variación dimensional que experimenta la madera bajo el punto de saturación de la fibra. La contracción depende de la orientación de la fibra de la madera, en ese entender es la disminución o pérdida de volumen de la madera, bajo el PSF y se expresa como porcentaje de la dimensión de la madera en estado verde. Además, es una de las características más indeseables de la madera y es la responsable en gran medida, de los inconvenientes y dificultades que se encuentran con ella en la construcción (Pérez 1983).

Esta se produce, como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa amorfa y aproximarse unas a otras microfibrillas. La contracción es proporcional al descenso del (CH) bajo el (PSF) (Cuevas 2003).

Según la norma técnica peruana es la madera seca al aire en ambiente normalizado aquella que ha adquirido el equilibrio en un ambiente de 65 % Y 2 % de humedad relativa y 20 °C Y 1° C de temperatura.

Cuevas (2003) menciona la dimensionalidad que experimenta la madera en el sentido tangencial, radial, longitudinal y volumétrico es cuando pierde humedad por debajo del punto de saturación de las fibras es por ello la contracción de la madera se expresa en "%". Este cambio dimensional que ocurre en la madera no solo está en función de la cantidad de agua presente, sino también de la cantidad de sustancia de la pared celular; mientras mayor es la cantidad de material presente, mayores serán los cambios dimensionales posibles por variaciones en el contenido de humedad.

Vignote (1996) y Rosales (2015) indican que el estudio de las relaciones entre el agua y la madera es seguramente el más importante ya que afecta a la mayoría de los procesos en su transformación.

d) Anisotropía de la madera:

La madera no es un material homogéneo, sino un material muy diferente según el plano o la dirección que se considere. Como resultado a esa desigual configuración, presenta un desigual comportamiento; esto es llamado Anisotropía. Esto quiere decir que, las propiedades físicas y mecánicas no son las mismas en todas las direcciones, sino que varían, en función de la dirección que se aplique el esfuerzo. Dado esta heterogeneidad, la densidad no es constante dentro de una especie ni dentro de un mismo árbol (Vignote y Jiménez, 1996).

2.2.5. Propiedades mecánicas de la madera

Díaz y Cuevas (1982) confirma a la madera como un cuerpo, poroso y heterogéneo que tiene la capacidad de resistir a sollicitaciones externas que tienden a deformarla o alterarla sus dimensiones. Por los tanto detallan que las propiedades mecánicas son las que determinan la capacidad de resistir a fuerzas externas con la cual se puede controlar las formas más adecuadas deseadas para ello las determinaciones de estas propiedades se realizan en las caras transversal, radial y tangencial y estas propiedades son: Flexión estática, Clivaje, Dureza, Compresión perpendicular al grano, Cizallamiento paralelo al grano, Tenacidad, Extracción de clavo y entre otros.

Por otra parte Grigoriev (1985) y Rosales (2015) indican que las propiedades físicas pueden determinarse sin alterar la integridad de la muestra sometida al ensayo y sin cambiar su composición química, es decir que pueden definirse mediante la inspección, la pesada, la medida y el secado.

Aróstegui (1989) y Rosales (2015) afirman que el contenido de humedad influye en el peso, resistencia mecánica, contracción y expansión, conductividad térmica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad de la madera.

A) Flexión estática de la madera.- Es el trabajo impuesto a una pieza de madera que descansa sobre dos apoyos, soporta un peso uniformemente repartido a lo largo de su eje principal o situado en un punto o sobre varios

puntos determinados. Es consecuencia de la compresión en los elementos anatómicos en los sistemas longitudinal y transversal. También hay esfuerzos de tracción en la parte inferior de la sección transversal. La falla primero es en la zona de compresión paralela al grano, después aumentan las deformaciones en la zona comprimida, el eje neutro es trasladada a la zona de tracción hasta la deformación total y la falla.

B) Dureza axial (extremos) y lateral (lados) de la madera.- Es la resistencia que opone la madera a ser penetrada por otros cuerpos (clavos, tornillos, etc.) o a ser trabajada (aserrío, cepillo, formón). A mayor peso específico generalmente hay mayor dureza. La madera con alto contenido de humedad tienen menos dureza.

El duramen es más duro que la albura, dentro del duramen las maderas con fibras de paredes gruesos, pocos vasos y parénquima apotraqueal son más duras que las maderas de fibras de paredes medianas, numerosos vasos o vasos muy anchos y parénquima paratraqueal.

La madera temprana tiene menos dureza que la madera tardía. Algunas inclusiones influyen en la dureza como son los cristales inorgánicos. También influye el grano, maderas de grano recto ofrecen menor resistencia a la penetración de cuerpos. Asimismo influye el plano de corte.

C) Cizallamiento de la madera.- Es el esfuerzo que oponen las fibras de una pieza a la acción de dos fuerzas paralelas que tienden a cortar la sección transversal de la madera. Este esfuerzo depende del grado de cohesión entre elementos, varía en los tres planos de corte y tipo de grano. Depende esencialmente de la lignina, en especial de la lámina media. Depende también del plano de la pieza: es mayor en sentido radial que en tangencial. Varía de 25 a 200 kg/cm², a mayor densidad básica, mayor resistencia al cizallamiento.

D) Tenacidad de madera.- El ensayo consiste en romper por flexión una probeta especialmente preparada, que reposa sobre dos apoyos, por la caída de un mazo pendular.

E) Extracción de clavos de la madera.- Esta propiedad mecánica tiene por objeto entregar una medida indicativa del grado de sujeción existente entre la madera y los elementos de unión más usados, como es el clavo. Esta resistencia se mide por la fuerza necesaria para extraer un clavo de la madera.

G) Clivaje de la madera.- El ensayo consiste en ocasionar la ruptura por clivaje de la probeta a fin de ver la resistencia que la madera ofrece a la separación. En el esfuerzo de separación, las fuerzas actúan al igual que en la cuna. Generalmente en la madera, la resistencia al clivaje es muy baja, depende del mayor o menor cohesión de sus granos, habrá mayor dificultad de separación.

H) Compresión perpendicular al grano de la madera.- La compresión perpendicular al grano se realizan en probetas en forma de prismas rectos de 5 x 5 cm de sección transversal y de 15 cm de longitud, contruidos de tal manera que las caras sean paralelas al grano y una de las caras paralelas también a los anillos de crecimiento.

2.2.6. Anatomía de la madera

Kolman (1959) y Rosales (2015) Mencionan que el porcentaje de la producción de vasos en una madera varía del dos al 65 %, así como su distribución influye en la resistencia del leño. La proporción de las fibras en el volumen total influye directamente en la densidad de la madera.

Aróstegui (1982) determina que las características anatómicas permiten explicar las causas correspondientes a los cambios dimensionales y el comportamiento de los esfuerzos mecánicos de la madera, además, menciona que la contracción radial y tangencial es un índice de la estabilidad de la madera y cuando la relación entre ambos se acerca a la unidad la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Por otro lado Gonzales (2011) menciona que con la caracterización de la estructura anatómica permitirá reconocer, ubicar y cuantificar los elementos de exudación de goma entre otros de una especie.

Por otro lado Valderrama y Aróstegui (1989), señalan que la anatomía de la madera comprende anatomía sistemática y anatomía aplicada.

En tal sentido la anatomía sistemática comprende la investigación de especies maderables y se basa en las características anatómicas, permitiendo así elaborar claves de identificación.

En cambio la anatomía aplicada, estudia la influencia de la estructura anatómica en las propiedades tecnológicas de la madera. Asimismo, la anatomía tecnológica va a reorientar la investigación tanto básica y aplicada; a fin de priorizar en detalle todos los aspectos de uso que posee la madera por sus cualidades basados en su estructura anatómica.

En cambio Acevedo y Kikata (1994), concluyen que la madera es de porosidad difusa. Con poros visibles a simple vista, solitarios de forma redonda y múltiples radiales escasos de 2 a 4; con 1 a 5 poros/cm² en cuanto a la Parénquima, visible con lupa 10x, es paratraqueal vasicéntrico. En cuanto a los radios visibles con lupa 10x, con 5 a 11/mm, se denomina no estratificados.

En cuanto a los vasos: afirman que el diámetro tangencial varía de 293 a 333 μm , y la longitud entre 412 y 430 μm . Atribuyendo a la muestra una platina de perforación horizontal con perforación simple. Se determinó, punteado intervascular alterno con punteaduras redondas y abertura incluida. Punteado radiovascular similar al intervascular, con presencia de inclusiones gomosas.

En cuanto al parénquima para traqueal vasicéntrico, se le atribuye no estratificadas siempre en cuando que tenga presencia de inclusiones gomosas. Pero en los radios que son homogéneos uniseriados, no estratificados con altura entre 240 μm a 345 μm de 1 a 2 células de ancho y 4 a 16 células de altura y con presencia abundante de gomas. Así como también en cuanto a las fibras que son Libriformes, no estratificada. El diámetro total es 24 μm , el grosor de pared celular 3 μ en este caso la longitud varía entre 1 443 y 1 454 μm .

Rosales (2015) precisa que la proporción de albura y duramen varía para las diferentes especies y aún dentro de la misma especie, y que el contenido

de humedad de albura y duramen es variable, pero en sentido general, el duramen tiene menos humedad que la albura.

- **Albura de la madera.-** Es aquella parte de la madera que en el árbol viviente contiene células vivas y materiales de reserva. Parte susceptible de ser atacada por organismos biológicos (Portal 2008).
- **Ancho del radio de la madera.-** Se refiere al espesor de los radios, microscópicamente en el corte transversal, si estos son fácilmente visibles son radios anchos; si son ligeramente visibles son medianos y si para observarlos se requiere de lupa son finos (Portal 2008)..
- **Anillos de crecimiento de la madera.-** Son capas concéntricas. De capas de crecimiento observables en la sección transversal. Estos son. Totalmente definidos en especie maderable que crecen en climas templados y poco marcados o no diferenciados en especie tropical (Portal 2008).
- **Células de la madera.-** Cámara o compartimiento que alguna vez ha contenido protoplasto; las células constituyen las unidades estructurales de los tejidos de las plantas (Portal 2008).
- **Color de la madera.-** Característica producida por sustancias químicas depositadas en el lumen y/o pared de las células leñosas. Por lo general siempre hay diferenciación entre el color de la albura y el duramen; sin embargo en algunas maderas no existe tal diferenciación. El color también es variable según se trate de madera en condición verde o en condición seca al aire (Portal 2008).
- **Corteza del fuste.-** Término empleado en relación con todos los tejidos que se encuentran fuera del cilindro xilemático. En los árboles de cierta edad, generalmente se pueden distinguir dos: una interna (viva) llamada corteza interna o floema y una externa (muerta) llamada también ritidoma, súber o corcho (Portal 2008).

- **Duramen de la madera.-** Porción del cilindro central, constituido por las capas internas del leño; en el árbol en crecimiento, dicha porción no contiene células vivas y, los materiales de reserva que en ella existían se han transformado en compuestos fenólicos propias del duramen. El duramen generalmente es de un color más oscuro que la albura, aunque tal diferencia no puede ser claramente distinguible. Llamado también corazón de la madera (Portal 2008).

- **Fibra de la madera.-** Se denomina así a toda célula larga y delgada del leño, o la corteza, que no sea un vaso o una célula de parénquima; y que cumplen la función de sostén del cuerpo leñoso (Portal 2008).

- **Grano de la madera.-** Característica dada por la disposición que tienen los elementos xilemáticos (vasos, fibras, traqueidas, parénquima, etc.); con respecto al eje longitudinal del tronco (Portal 2008).
 - a) **Grano recto.-** Cuando la dirección de los elementos es sensiblemente paralelo al eje del árbol.

 - b) **Grano oblicuo.-** Cuando la dirección de los elementos leñosos forma ángulos agudos con respecto al eje del árbol.

 - c) **Grano entrecruzado.-** Cuando la dirección de los elementos leñosos se encuentra en dirección alterna u opuesta haciendo que la separación de la madera sea difícil.

- **Inclusiones en los vasos de la madera.-** según Portal, (2008) son masas amorfas que se encuentran taponando parcial o totalmente los vasos; aunque también pueden presentarse en otros elementos de la madera. Su abundancia afecta en la preservación y secado de las maderas. Entre estos tenemos:

- a) **Tilosis o Tilide.-** Penetración de una célula parenquimatosa axial o radial, que se introduce a la cavidad de un elemento vascular a través de un par de puntea duras, obstruyendo parcial o totalmente el lumen de éste. Microscópicamente toman un aspecto brillante en los poros o vasos.
- b) **Gomas o resinas.-** Material orgánico conformado por una gama de compuestos químicos, generalmente de color rojo, aunque también pueden ser de color amarillo, marrón a castaño.
- c) **Sílice.-** Compuesto inorgánico, presente en algunas maderas y que afectan el filo de las herramientas de corte.
- **Madera o xilema.-** Conjunto de células que conforman el tejido leñoso. Tejido principal de sostén y de conducción de agua de los tallos y raíces (Portal 2008).
- **Madera con poros (latifoliadas).-** Madera que presenta poros o vasos; típico de las latifolia das leñosas en contraste con las coníferas (Portal 2008).
- **Madera sin poros (coníferas).-** Madera desprovistos de poros o vasos; característico de las coníferas (Portal 2008).
- **Médula de la madera.-** Parte central de los tallos, formada principalmente por tejido parenquimatoso o blando (Portal 2008).
- **Parénquima.-** Portal, (2008) menciona que son tejidos por lo general de color más claro que el tejido fibroso, cuyas células son cortas de paredes delgadas y cuya función es de almacenamiento, distribución y segregación de ciertas sustancias orgánicas. En el árbol el parénquima es de dos tipos:
- ❖ **Parénquima radial (radio).-** Tejido parenquimatoso que constituye los radios leñosos orientados en forma perpendicular al eje del árbol semejante a una cinta.
- ❖ **Parénquima longitudinal.-** Células de parénquima orientadas a lo largo del eje del árbol. Su forma de agrupamiento en la sección transversal es de importancia en el proceso de identificación de maderas. Todos los tipos de parénquima longitudinal deben ser

observados en la sección transversal. El parénquima longitudinal puede ser de los siguientes tipos:

a) **Parénquima apotraqueal:** Cuando las células de parénquima se encuentran en forma aislada de los poros es decir en forma independiente. A su vez este se subdivide en:

- ❖ **Apotraqueal difuso.-** Cuando células individuales de parénquima se encuentran en forma dispersa sin contacto alguno con los poros.
- ❖ **Apotraqueal difuso en agregados.-** Cuando las células de parénquima tienden a juntarse sin llegar a cruzar radios adyacentes.

b) **Parénquima paratraqueal.-** Cuando las células de parénquima se encuentran rodeando parcial o en su totalidad a los poros o vasos. A su vez este se subdivide en:

- ❖ **Paratraqueal vasicéntrico.-** Cuando las células de parénquima rodean totalmente a los poros; de forma circular o más o menos ovalada. El número de células que rodea a los poros puede ser de una o más hileras de células.
- ❖ **Paratraqueal aliforme.-** Cuando las células de parénquima rodean totalmente a los poros con extensiones laterales tomando forma de alas.
- ❖ **Paratraqueal aliforme confluyente.-** Parénquima aliforme coalescente que forma bandas irregulares tangenciales o diagonales.

c) **Parénquima en bandas.-** Cuando las células de parénquima como su nombre lo indican forma bandas. A su vez este se subdivide en:

- ❖ **Bandas o líneas delgadas.-** Cuando las células de parénquima forman bandas muy delgadas, pudiendo ser estas continuas o irregulares.
- ❖ **Bandas anchas.-** Cuando las células de parénquima forman bandas anchas, de un espesor más o menos uniforme.
- ❖ **Reticulado.-** Diseño semejante a una red que forman en la sección transversal los radios y las bandas o líneas regularmente espaciadas

de parénquima longitudinal, cuando éstas y los radios son aproximadamente del mismo ancho, y cuando el espacio entre unos y otras es casi igual.

- ❖ **Escaleriforme.-** Diseño semejante a una escalera que forman en la sección transversal el parénquima y los radios, siendo las bandas de parénquima más angostas que los radios.
- ❖ **Marginal.-** Bandas de parénquima que tienden a ubicarse en el límite de los anillos de crecimiento.

d) **Poros de la madera.-** Término de conveniencia para la sección transversal de un elemento vascular vaso- o de una traqueida vascular, tomando el aspecto de pequeños agujeros o poros.

En ese entender la porosidad está dado por el tamaño así como la forma en que se encuentran distribuidos los poros dentro de los anillos de crecimiento (Portal 2008).

- ❖ **Porosidad difusa.-** Leño en el cual los poros son de tamaño bastante uniforme y estos se encuentran uniformemente distribuidos en todo el anillo de crecimiento.
- ❖ **Porosidad circular.-** Leño en el cual los poros del leño temprano son más grandes que los del leño tardío, formando una zona o anillo bien definido.
- **Punto de saturación de las fibras de la madera.-** Es el estado de la madera en el cual el agua libre. Ha sido eliminado, en tanto las paredes celulares se mantienen saturadas (Portal 2008).
- **Radios estratificados.-** Cuando los radios leñosos se encuentran dispuestos en series horizontales, dando lugar a líneas de estratificación (Portal 2008).
- **Sección de corte.-** Es la sección o superficies que resultan al cortar una pieza de madera en diferentes planos. Este puede ser transversal y longitudinal (radial y tangencial).
- ❖ **Sección transversal.-** (Corte Tr). Es el corte perpendicular al eje longitudinal del tronco (Portal 2008).

- ❖ **Sección radial.-** (Corte Rd). Es el corte que se realiza paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.
- ❖ **Sección tangencial.-** (Corte Tg). Es el corte que se realiza tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular a los radios.
- **Tejido fibroso denso de la madera.-** Se refiere a un conjunto de fibras con paredes más gruesas, resultando en un color más oscuro (Portal 2008).
- **Textura de la madera.-** Característica dada por la distribución, proporción y tamaño relativo de los elementos leñosos (poros, parénquima y fibras). Debe ser observada en la sección transversal de la madera; tiene importancia en el acabado de la madera (Portal 2008).
- **Vasos /elementos vasculares de la madera.-** Aberturas en el plano longitudinal en forma de canaliculos o cavidades alargadas que aparecen como líneas interrumpidas más o menos paralelas a la superficie longitudinal de la madera. Estos son elementos de conducción, constituidos por células articuladas y que forman una estructura tubular (Portal 2008).
- **Veteado de la madera.-** Característica dada por la veta o figura que se origina en la superficie longitudinal pulida, debido a la disposición de los elementos constitutivos del leño, especialmente los vasos, radios leñosos, parénquima y los anillos de crecimiento, así como también por el tamaño y la abundancia de ellos. El tipo de veteado también depende de la sección de corte; así como del tipo de grano que pueda presentar una madera (Portal 2008).
- **Vigueta.-** Es la parte seleccionada de la troza de sección suficiente a partir de la cual se preparan las probetas (Portal 2008).

2.3. Factores que inciden sobre las propiedades físicas y mecánicas

Diaz (2005) determina que la madera es un material heterogenia que se ve reflejado por la variabilidad que es posible encontrar en probetas extraídas de una misma especie maderable y de diferentes árboles o aún más de probetas

provenientes de mismo árbol, una marcada diferencia es en su densidad y resistencia. Esta variabilidad responde a diferencias genéticas, de ambiente y/o ambas. Es por esto que posee valores de resistencia variables e incluso pueden resultar más variables debido que algunas de sus características no son controladas, entre las más importantes cabe señalar

- Contenido de Humedad.
- Densidad.
- Angulo de las fibras.
- Nudosidad.
- Temperatura.

2.4. Usos posibles de la madera y ventajas

Los posibles usos de la madera se determinan de acuerdo al análisis de los resultados obtenidos con los resultados similares de las especies con similares resultados así como el uso conocido, así como la evaluación y la respectiva clasificación realizada en base a las características macroscópicas, microscópicas, propiedades físicas, propiedades mecánicas y entre otras cualidades similares se determina el uso adecuado de una especie en los diferentes requerimientos industriales, artesanales y otros de necesidad del hombre.

En ese entender Almeida (2006) y Rosales (2015) afirman que el conocimiento de las características anatómicas, propiedades físicas y propiedades mecánico es muy importante para el uso eficiente de la madera. Dado su origen biológico, la madera es muy variable, es decir, sus características varían entre especies, dentro de una especie y dentro del mismo árbol. Esta variabilidad hace que el uso de la madera sea más complejo. Las principales características de la madera como materia son el higroscópico, orto trópico, celular, estructural y material poroso. Es por ello Rosales (2015) que con los conocimientos básicos de comportamiento tecnológico de una especie se incrementa la ventaja de utilizar proporcionalmente la naturaleza de manera equilibrada, tratando de que la intervención que se haga a los ecosistemas produzca un bajo impacto,

satisfaciendo nuestras necesidades básicas y asegurando o protegiendo estos recursos de fauna y flora, para que nuestras generaciones futuras también gocen de estos y los preserven.

2.5. Clasificación de madera según los valores tecnológicos

En los Cuadros del 3 al 6, se presentan las clasificaciones de las maderas de acuerdo a diferentes autores y según propiedades físicas, mecánicas y anatómicas:

Tabla 04. Clasificación según las propiedades físicas de la madera.

| DENSIDAD BÁSICA (g/cm ³) | | | |
|---------------------------------------|--|----------------|----------------------------|
| GRUPO | AUTOR | RANGO | CLASIFICACIÓN |
| 1 | (Arostegui 1982) | Menos de 0,30 | Muy baja (MB) |
| 2 | | De 0,31 a 0,40 | Baja (B) |
| 3 | | De 0,41 a 0,60 | Media (M) |
| 4 | | De 0,61 a 0,80 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 0,81 | Muy alta (MA) |
| DENSIDAD ANHIDRA (g/cm ³) | | | |
| 1 | (Arostegui 1975), citado por (Rivero 2004) | Menos de 0,30 | Muy liviana (ML) |
| 2 | | De 0,30 a 0,45 | Liviana (L) |
| 3 | | De 0,46 a 0,70 | Moderadamente Liviana (ML) |
| 4 | | De 0,71 a 0,86 | Pesada (P) |
| 5 | | Más de 0,86 | muy pesada (MP) |
| CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA (%) | | | |
| 1 | (Arostegui 1982) | 0 a 7 | Muy baja (MB) |
| 2 | | 7,1 a 10 | Baja (B) |
| 3 | | 10,1 a 13 | Media (M) |
| 4 | | 13,1 a 15 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 15 | Muy alta (MA) |
| CONTRACCIÓN TANGENCIAL (%) | | | |
| 1 | Moya et al 2010 | 0 a 3,5 | Muy baja (MB) |
| 2 | | 3,6 a 5,0 | Baja (B) |
| 3 | | 5,1 a 6,5 | Media (M) |
| 4 | | 6,6 a 8,0 | Alta (A) |
| 5 | | ≥ 8,1 | Muy alta (MA)) |

Fuente: Elaboración propia.

Continuación del tabla 04

| CONTRACCIÓN RADIAL (%) | | | |
|-------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------------------------|
| GRUPO | AUTOR | RANGO | CLASIFICACION |
| 1 | (Moya et al 2010) | 0 - 2,0 | Muy baja (MB) |
| 2 | | 2,1 - 3,0 | Baja (B) |
| 3 | | 3,1 - 4,0 | Media (M) |
| 4 | | 4,1 - 5,0 | Alta (A) |
| 5 | | ≥ 5,1 | Muy alta (MA) |
| ÍNDICE DE ESTABILIDAD (Ct/Cr) | | | |
| 1 | (Gutiérrez y Silva 1999) | Menos de 1,5 | Muy baja (MB) o muy estable (ME) |
| 2 | | De 0,51 a 2,0 | Baja (B) o estable E |
| 3 | | De 2,1 a 2,5 | Media (M) o moderadamente estable (M) |
| 4 | | De 2,51 a 3,0 | Alta (A) o inestable (I) |
| 5 | | Más de 3,1 | Muy alta (MA) o muy inestable (MI) |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 05. Clasificación según las propiedades mecánicas de la madera

| GRUPO | AUTOR | RANGO | CLASIFICACIÓN |
|--|-------------------|----------------|---------------|
| Flexión estática (esfuerzo al límite proporcional ELP (kg/cm ²)) | | | |
| 1 | (Puchaicela 2013) | Menos de 465 | Muy baja (MB) |
| 2 | | De 466 a 668 | Baja (B) |
| 3 | | De 669 a 889 | Media (M) |
| 4 | | De 890 a 1 035 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 1 036 | Muy alta (MA) |
| Flexión estática (módulo de ruptura MOR (kg/cm ²)) | | | |
| 1 | (Arostegui 1982) | Menos de 300 | Muy baja (MB) |
| 2 | | De 301 a 500 | Baja (B) |
| 3 | | De 501 a 800 | Media (M) |
| 4 | | De 801 a 1 000 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 1 000 | Muy alta (MA) |

Fuente: Elaboración propia.

Continuación del tabla 05

| GRUPO | AUTOR | RANGO | CLASIFICACIÓN |
|---|----------------------|--------------|---------------|
| Flexión estática (módulo de elasticidad MOE (kg/cm ²)) | | | |
| 1 | (Puchaicela 2013) | Menos de 104 | Muy baja (MB) |
| 2 | | De 105 a 140 | Baja (B) |
| 3 | | De 141 a 182 | Media (M) |
| 4 | | De 183 a 225 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 226 | Muy alta (MA) |
| Compresión perpendicular al grano (esfuerzo al límite proporcional ELP (kg/cm ²)) | | | |
| 1 | (Puchaicela 2013) | Menos de 40 | Muy baja (MB) |
| 2 | | De 41 a 67 | Baja (B) |
| 3 | | De 68 a 102 | Media (M) |
| 4 | | De 103 a 145 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 146 | Muy alta (MA) |
| Resistencia al cizallamiento paralelo al grano (kg/cm ²) | | | |
| 1 | (Arostegui 1982) | Menos de 30 | Muy baja (MB) |
| 2 | | De 31 a 60 | Baja (B) |
| 3 | | De 61 a 90 | Media (M) |
| 4 | | De 91 a 120 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 121 | Muy alta (MA) |
| Resistencia a la dureza (lados y extremos) (kg/cm ²) | | | |
| 1 | (Arostegui 1982) | Menos de 200 | Muy baja (MB) |
| 2 | | De 201 a 400 | Baja (B) |
| 3 | | De 401 a 600 | Media (M) |
| 4 | | De 601 a 800 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 801 | Muy alta (MA) |

Fuente: Elaboración propia.

Continuación del tabla 05

| GRUPO | AUTOR | RANGO | CLASIFICACIÓN |
|--|---------------------|--------------|----------------|
| Resistencia al clivaje (kg/cm ²) | | | |
| 1 | (Arostegui 1982) | Menos de 20 | Muy baja (MB) |
| 2 | | De 21 a 40 | Baja (B) |
| 3 | | De 41 a 60 | Media (M) |
| 4 | | De 61 a 80 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 81 | Muy alta (MA)) |
| Resistencia a la tenacidad (kg/cm ²) | | | |
| 1 | (Arostegui 1982) | Menos de 1.5 | Muy baja (MB) |
| 2 | | De 1,1 a 2 | Baja (B) |
| 3 | | De 2,1 a 3 | Media (M) |
| 4 | | De 3,1 a 4 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 4,1 | Muy alta (MA) |
| Resistencia a extracción de clavos (kg/cm ²) | | | |
| 1 | (Arostegui 1982) | Menos de 50 | Muy baja (MB) |
| 2 | | De 51 a 100 | Baja (B) |
| 3 | | De 101 a 150 | Media (M) |
| 4 | | De 151 a 200 | Alta (A) |
| 5 | | Más de 201 | Muy alta (MA) |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 06. Clasificación según las características microscópicas.

| GRUPO | AUTOR | RANGO | CLASIFICACION |
|-----------------------------|---------------|----------------|---------------|
| Longitud de las fibras (µm) | | | |
| 1 | (COPANT 1974) | Menos de 900 | Cortas (C) |
| 2 | | De 901 a 1 600 | Medianas (M) |
| 3 | | Más de 1 600 | Largas (L) |
| Diámetro de las fibras (µm) | | | |
| 1 | (COPANT 1974) | Menos de 25 | Angostas A |
| 2 | | De 25 a 40 | Medianas (M) |
| 3 | | Más de 40 | Anchas (A) |

Fuente: Elaboración propia

Continuación del tabla 06

| GRUPO | AUTOR | RANGO | CLASIFICACION |
|--|------------------|-------------------|--------------------------------|
| Longitud de vasculares (μm) | | | |
| 1 | (COPANT 1974) | Menos de 350 | Cortas (C) |
| 2 | | De 351 a 800 | Medianas (M) |
| 3 | | Más de 800 | Largas (L) |
| Diámetro de los poros (μm) | | | |
| 1 | (COPANT 1974) | Menos de 50 | Muy Pequeños (MP) |
| 2 | | De 50 a 100 | Pequeño (P) |
| 3 | | De 101 a 200 | Mediano (M) |
| 4 | | Más de 200 | Grandes (G) |
| Numero de poros en mm^2 | | | |
| 1 | (COPANT 1974) | Menos de 5 | Muy Pocos (MP) |
| 2 | | De 5 a 20 | Pocos (P) |
| 3 | | De 21 a 40 | Moderadamente Numerosas (M) |
| 4 | | De 41 a 100 | Numerosas (N) |
| 5 | | Más de 100 | Muy Numerosas (MN) |
| Acho de radios (μm) | | | |
| 1 | (COPANT 1974) | Menos de 50 | Muy Fino (MF) |
| 2 | | De 51 a 100 | Fino (F) |
| 3 | | De 101 a 200 | Mediano (M) |
| 4 | | Más de 200 | Ancho (A) |
| Longitud de los radios (μm) | | | |
| 1 | (COPANT 1974) | Menos de 600 | extremadamente bajos EB |
| 2 | | De 600 a 2 000 | Bajos (B) |
| 3 | | De 2 000 a 5 000 | Medianos (M) |
| 4 | | De 5 000 a 10 000 | Altos (A) |
| 5 | | Más de 10 000 | Muy Altos (MA) |

Fuente: Elaboración propia.

Continuación del tabla 06

| GRUPO | AUTOR | RANGO | CLASIFICACION |
|--|--------------|---|------------------|
| Espesor de pared de las fibras (μm) | | | |
| 1 | COPANT 1974) | Cuando el diámetro del lumen es menor a $1/3$ del diámetro total | Muy Grueso (MG) |
| 2 | | Cuando el diámetro del lumen es de $1/3$ a $1/2$ del diámetro total | Gruesa G |
| 3 | | Cuando el diámetro del lumen es de $1/2$ a $3/4$ del diámetro total | Delgada D |
| 4 | | Cuando el diámetro del lumen es mayor de $3/4$ del diámetro total | Muy Delgada (MD) |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 07. Clasificación según el coeficiente de variación.

| CV (%) | GRADO DE VARIABILIDAD |
|---------|-------------------------------|
| 0 a 10 | Datos muy homogéneos |
| 10 a 15 | Datos regularmente homogéneos |
| 15 a 20 | Datos regularmente variables |
| 20 a 25 | Datos variables |
| Más 25 | Datos muy variables |

Fuente: (Rubio 2002).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE INVESTIGACION Y MATERIALES

3.1. Tipo de estudio

El tipo de investigación es básico descriptivo, Los ensayos realizados para cumplir los objetivos propuestos en esta investigación fueron fundamentados en las metodologías planteadas por las Normas Técnicas Peruanas, COPANT y IAWA

3.2. Diseño del estudio

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que según Hernández, et al. (2014) es aplicable a investigaciones que se realizan sin manipular deliberadamente variables este diseño nos permitirá determinar las propiedades y características de una o varias muestras tal como se da en su contexto natural para el posterior análisis estadístico.

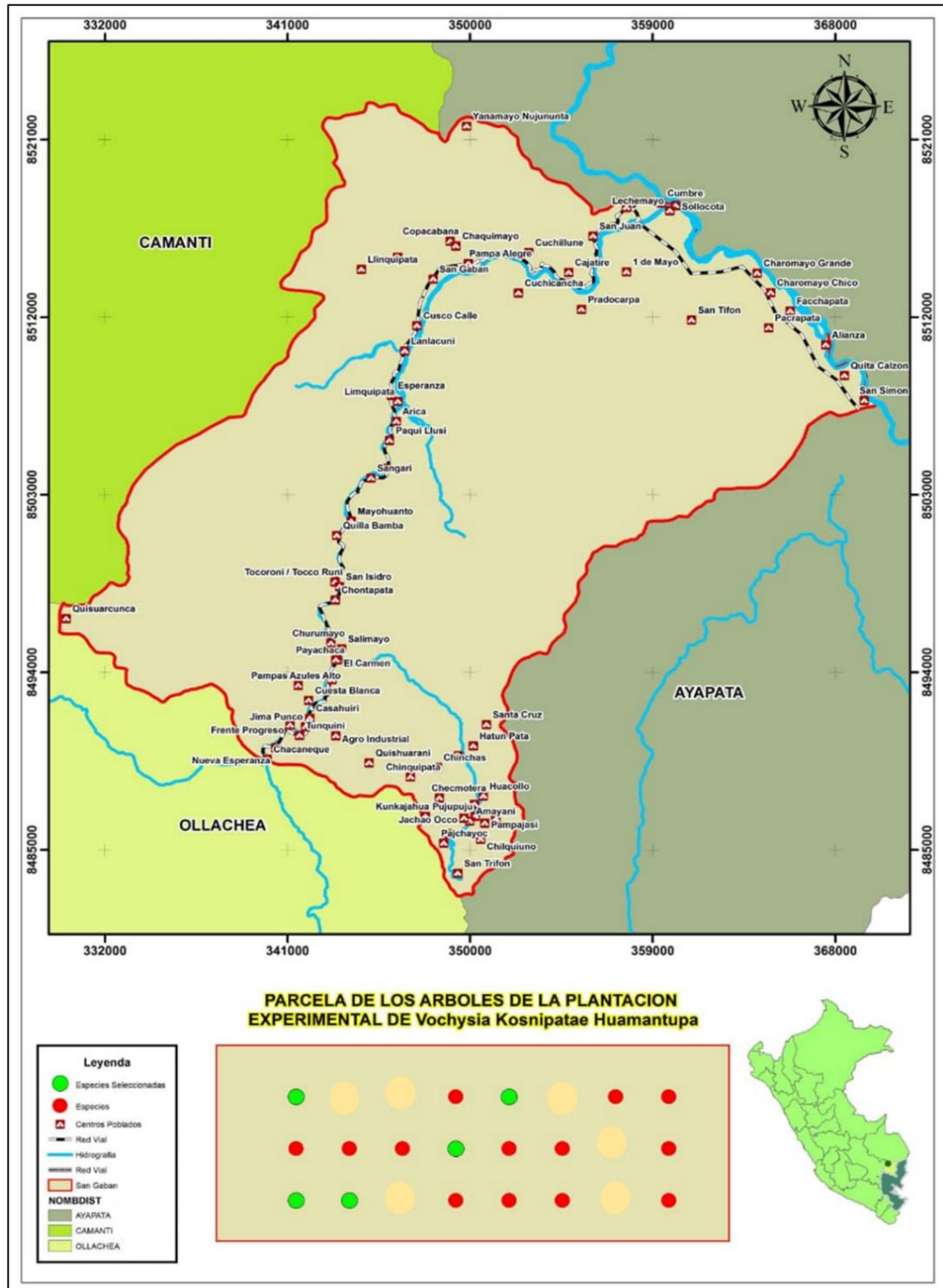
3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población conocido como el conjunto de individuos sobre las cuales se va a determinar una o más estudios (NTP-251.008). En el presente estudio la población está conformada por 18 árboles de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) de ocho años (Tabla 08).

3.3.2. Ubicación geográfica de la población de Alco kaspí

La plantación de Alco kaspí se encuentra ubicada en la Estación Experimental del INIA del distrito de San Gabán, Carabaya, Puno (Figura 4).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Ubicación geográfica de la plantación experimental de Alco kaspí.

3.3.3. Descripción del Área de Estudio

Según el mapa ecológico del Perú de 1976, por información meteorológica, y los diferentes factores climatológicos, han determinado once zonas de vida, a través de la temperatura, precipitación y humedad, coincidiendo los grupos de asociaciones con rangos climáticos definidos. Basado en el sistema ideado por el Dr. Leslie Holdridge, la mayor superficie de San Gabán, se encuentra en la denominación bosque muy húmedo sub tropical, otra zona de vida de importancia es el bosque pluvial sub tropical, que también se ubican entre las mismas altitudes; en lo referente a temperatura, humedad, clima es variado, presentándose: cálido y con abundante lluvia en la zona tropical.

El relieve topográfico es inclinado, con escasas áreas de topografía suaves; fuente: (Estudio de diagnóstico y zonificación de la provincia Carabaya 2011).

3.3.4. Características climáticas

El distrito de San Gabán proviene de la lengua quechua sanqawasi, "casa de fieras" antiguos recintos de tortura incas, es uno de los diez distritos que conforman la provincia de Carabaya, ubicada en el departamento de Puno, se encuentra en el sur este del Perú a 610 msnm aproximadamente por tanto cuenta con un clima tropical, con gran cantidad de precipitación que bordea los 5 224 mm al año, con temperatura media anual de 23,3 ° C. en promedio.

Siendo los meses más lluviosos entre octubre a abril con un promedio mensual de 563 mm, en tanto los menos lluviosos va de mayo a setiembre con un promedio de 256 mm.

3.3.5. Muestra

Para este estudio se considera una muestra de cinco arboles seleccionados al azar por encima de los 30 cm de DAP. Los detalles de los arboles muestrales están en el (Tabla 9). Esto conforme al protocolo de la Norma

Técnica Peruana N°251.008. Donde estipula que para estudios preliminares que permitan obtener un valor promedio de las propiedades físicas y mecánicas deben tomarse como mínimo cinco arboles por encima de 30 cm de DAP.

3.4. Materiales

3.4.1. Material biológico

El material biológico que se utilizó para el presente estudio fue 5 árboles de la especie de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (*Alco kaspi*) con la que se elaboraron las probetas para los diferentes ensayos de las propiedades físicas, mecánicas y descripción de las características anatómicas (Tabla 9).

3.4.2. Material de campo

- Motosierra marca husqvarna debidamente equipada.
- Combustible para motosierra.
- Machete
- Cinta métrica de 50m arca Stanley.
- Cinta diamétrica
- Libreta de campo.
- Lápices y lapiceros
- Pintura esmalte color crema medio galón.
- Pintura esmalte color rojo medio galón.
- Lápices de carbón.
- Escuadra de reglas
- Pilas alcalinas AA un par para GPS
- Cámara fotográfica digital marca canon.
- Carretilla acondicionada para acarreo de trozas.
- GPS.
- Clinómetro.
- Bolsa de polietileno.

- Plumón de tinta indeleble.
- Brocha.
- Tijera podadora.

3.4.3. Equipos para preparación de las probetas

- Sierra circular
- Sierra cinta o sierra sin fin,
- Cepilladura o garlopa
- Sierra radial.
- Cinta métrica de 3 y 5 metros
- Cámara fotográfica
- Implementos de seguridad personal.
- Garlopa.
- Prensas.
- Motosierra
- Libreta de campo
- Taladro pedestal.

3.4.4. Materiales de laboratorio

a) Equipos:

- Balanza electrónica con precisión de 0,1 g.
- Estufas eléctricas.
- Vasos de precipitación.
- Micrótopo de deslizamiento horizontal.
- Micrómetro digital de 0,001 mm de precisión.
- Prensa Universal para ensayos de la madera.
- Soporte universal
- Vaso precipitado de 200 ml, 50 ml y 100 ml
- Porta y cubreobjetos
- Microscopio.
- Equipo fotográfico.
- Calculadora marca cassio
- Cocina eléctrica.

- Vernier digital
- Proyector de láminas.

b) Soluciones o reactivos:

- Soluciones de Alcohol de 30°, 60°, 90° y 95° (grados).
- Agua destilada.
- Xilol
- Balzamo de canada
- Safranina
- Ácido nítrico al 33 %

3.4.5. Materiales de gabinete

- Computadora estacionaria y laptop.
- Impresora.
- Hojas bond de 75 g.
- Fólder manila.
- Materiales de escritorio.
- Memoria USB.

3.5. Metodología de la investigación

La metodología aplicada en este trabajo de investigación es básico descriptiva con datos cualitativo y cuantitativo, que consiste en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas y la descripción de las características anatómicas a través de los ensayos físicos, mecánicos y anatomía de la madera de *Vochysia kosñipatae* Huamantupa (Alco kaspi) y están fundamentados en metodologías reconocidas a nivel internacional, nacional como la Comisión Panamericana de Normas técnicas COPANT y Normas Técnicas Peruanas (Tablas 14,15 y 16) s técnicas de colección se describen en las siguientes etapas.

3.5.1. Etapa de pre campo

En esta primera etapa de la investigación se recopiló toda la información referente a estudios a esta especie, consiguientemente se planificó toda la etapa de campo, preparación de probetas, laboratorio y gabinete así como adquirió y se alquiló los instrumentos, herramientas, reactivos, soluciones necesarias.

3.5.2. Etapa de campo

Esta etapa se desarrolló en la plantación experimental de 8 años de *Vochysia kosñipatae* Huamantupa (Alco kaspi) de la sub estación experimental agraria INIA del distrito de San Gabán, Provincia de Carabaya de la Región de Puno desarrollándose las siguientes actividades (Anexo 7).

➤ Evaluación e Inventario de la plantación experimental:

Se comenzó con la habilitación (limpieza) de los accesos a la plantación, seguidamente se realizó un inventario forestal total de los parámetros productivos de cada árbol de la población, consiguientemente la selección de cinco árboles muestrales de forma al azar. Donde al menos del 70 % de los árboles tuvieron un DAP superior a 30 cm; del mismo modo el 60 % de árboles presentaron una altura comercial de 7 m y más del 80 % de árboles presentaron una altura total de 10 m. Luego se geo referencio.

Continuamente se evaluó el estado fitosanitario donde más del 70 % de árboles se registró sanos con la clasificación (A) (tabla 08). Luego se codifico y se seleccionó de toda la población

Tabla 08. Inventario de la plantación experimental de Alco kaspi.

| N° | DAP (Cm) | DAP (m) | Halt. Com. HC (m) | Factor de forma | volumen (m3) | volumen en Pies tablares | Halt. Total | Est. Fito. | UTM | |
|----|-------------|------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|------------|--------|---------|
| | | | | | | | | | X | Y |
| 1 | 47,00 | 0,47 | 7,40 | 0,70 | 1,91 | 420,67 | 14,85 | A | 349598 | 8514711 |
| 2 | 36,50 | 0,37 | 7,80 | 0,70 | 1,57 | 344,35 | 11,55 | A | 349598 | 8514705 |
| 3 | 25,00 | 0,25 | 7,55 | 0,70 | 1,04 | 228,30 | 10,15 | A | 349602 | 8514699 |
| 4 | 40,00 | 0,40 | 8,20 | 0,70 | 1,80 | 396,72 | 14,25 | A | 349610 | 8514707 |
| 5 | 39,00 | 0,39 | 6,10 | 0,70 | 1,31 | 287,74 | 10,65 | A | 349613 | 8514711 |
| 6 | 42,00 | 0,42 | 5,75 | 0,70 | 1,33 | 292,10 | 10,90 | A | 349621 | 8514714 |
| 7 | 34,50 | 0,35 | 8,10 | 0,70 | 1,54 | 338,00 | 11,50 | A | 349631 | 8514716 |
| 8 | 32,50 | 0,33 | 10,25 | 0,70 | 1,83 | 402,92 | 14,85 | A | 349688 | 8514711 |
| 9 | 33,00 | 0,33 | 7,15 | 0,70 | 1,30 | 285,39 | 13,65 | A | 349629 | 8514703 |
| 10 | 34,50 | 0,35 | 6,85 | 0,70 | 1,30 | 285,84 | 9,55 | A | 349636 | 8514710 |
| 11 | 22,50 | 0,23 | 8,75 | 0,70 | 1,08 | 238,12 | 14,75 | A | 349637 | 8514716 |
| 12 | 43,00 | 0,43 | 7,60 | 0,70 | 1,80 | 395,27 | 14,25 | A | 349640 | 8514703 |
| 13 | 29,00 | 0,29 | 7,85 | 0,70 | 1,25 | 275,35 | 14,00 | C | 349643 | 8514714 |
| 14 | 28,00 | 0,28 | 8,50 | 0,70 | 1,31 | 287,86 | 11,90 | B | 349643 | 8514700 |
| 15 | 36,50 | 0,37 | 6,35 | 0,70 | 1,27 | 280,34 | 10,85 | C | 349648 | 8514718 |
| 16 | 34,00 | 0,34 | 4,60 | 0,70 | 0,86 | 189,17 | 9,50 | C | 349654 | 8514718 |
| 17 | 20,00 | 0,20 | 5,65 | 0,70 | 0,62 | 136,68 | 10,00 | C | 349660 | 8514714 |
| 18 | 31,50 | 0,32 | 4,85 | 0,70 | 0,84 | 184,78 | 9,25 | A | 349657 | 8514699 |
| | 608,50 | 6,09 | 129,30 | 12,60 | 23,95 | 5269,59 | 216,40 | | Total | |
| | 33,81 | 0,34 | 7,18 | 0,70 | 1,33 | 292,75 | 12,02 | | PROM. | |

Fuente: Elaboración propia.

En el (Tabla 8) se presentan los volúmenes comerciales de cada árbol evaluado de la plantación experimental de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi).

Tabla 09. Arboles seleccionados de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| Especie | N° árbol | Altura Total (m) | Altura comercial (m) | DAP Cm | Código asignado | Diámetro de copa (m) | UTM (X-Y) |
|------------|----------|------------------|----------------------|--------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Alco kaspi | 01 | 14,85 | 7,40 | 47 | A1(AI) | 10,52 | 0349598-8514711 |
| Alco kaspi | 03 | 10,15 | 7,55 | 25 | A3(AII) | 6,29 | 0349602-8514699 |
| Alco kaspi | 04 | 14,25 | 8,20 | 40 | A4(AIII) | 10,81 | 0349610-8514707 |
| Alco kaspi | 08 | 14,85 | 10,25 | 32,5 | A8(AIV) | 8,85 | 0349688-8514711 |
| Alco kaspi | 12 | 14,25 | 7,60 | 43 | A12(AV) | 11,35 | 0349640-8514703 |

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Talado de los arboles muéstrales:**

Se talo (tumbado) cada una de los arboles muéstrales seccionados con motosierra Husqvarna haciendo uso del método de tala dirigida para no perjudicar a otros individuos y maniobrar la madera sin que se presenten rajaduras y otros (Tabla 9), consiguientemente se seleccionó las trozas muéstrales, para ello se trazó en el fuste comercial subdivisiones de 1,30 m con cinta métrica, para luego codificarlas con pintura esmalte color rojo seguidamente seleccionar una troza al azar para luego extraer la troza muéstral, seguidamente se pintó con pintura esmalte color crema en los

extremos de las trozas para evitar la pérdida acelerada de humedad, consiguientemente se cortó rodaja (torta) de 10 cm de largo de la base del árbol esto para descripción anatómica, luego se colecto tres muestras botánicas esto para la identificación de la especie.

El mismo método se aplicó para la extracción de las rozas, rodajas y muestras botánicas en los cinco árboles (Tabla 10).

Tabla 10. Codificación de las trozas muéstrales de Alco kaspi

| Código del árbol muestra | Código de trozas | Troza seleccionada al azar |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|
| AI | T1,T2,T3,T4,T5 | T5 |
| AII | T1,T2,T3,T4 | T1 |
| AIII | T1,T2,T3,T4,T5 | T5 |
| AIV | T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7 | T4 |
| AV | T1,T2,T3,T4,T5 | T4 |

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Traslado de las muestras:**

Las muestras de las rodajas, muestras botánicas y las trozas extraídas se acarrearón a la vía asfaltada (carretera) con la ayuda de una carretilla acondicionada para luego trasladar en un camión a la ciudad de Puerto Maldonado (Anexo 7).

➤ **Muestreo botánico:**

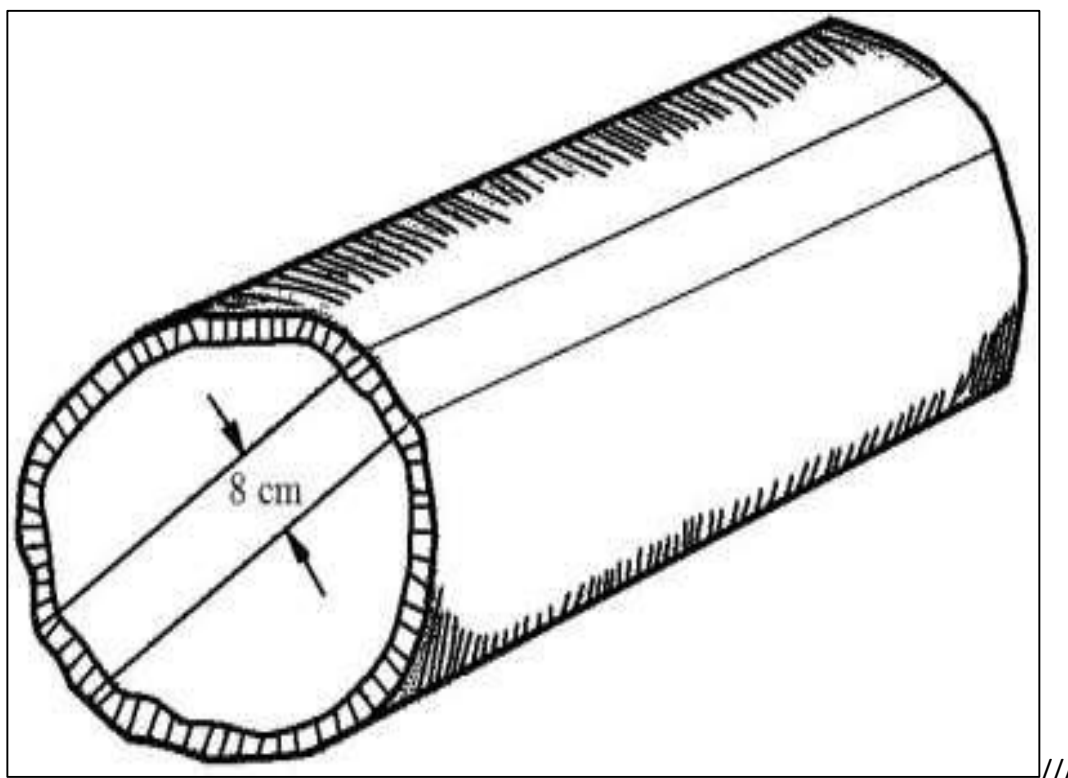
Paralelo a colección de trozas muéstrales se realizó la colección de tres muestras botánicas por árbol los cuales se prensaron en una prensa botánica consiguientemente se montó y se etiqueto cada muestra luego fue depositado en el herbario Alwin Gentry de la UNAMAD, para identificar y certificar la especie del estudio.

3.5.3. Etapa de elaboración de probetas

Esta etapa se realizó en una carpintería equipada del señor Vides en la ciudad de puerto Maldonado para ello se desarrollaron los siguientes procedimientos.

➤ **Procesamiento de las trozas muéstrales:**

Aplicando el protocolo de las Normas técnicas Peruanas NPT N° 251. 009 se procedió el trazado de la dirección de los cortes a lo largo de las trozas, utilizando cordel, metro, nivel de mano, lápiz de carbón y que estas estén totalmente correlacionados con los trazos de los extremos de cada una de las trozas (Figura 5 y Anexo 8), seguidamente con una motosierra husqvarna se realizó el aserrío longitudinal obteniendo los tablonces centrales de 8 cm de espesor y 130 cm de largo, después se procedió el acopio de los tablonces centrales en un lugar libre de humedad, sol y lluvia dentro del establecimiento de la carpintería.



Fuente: NTP N°251.009.

Figura 5. Direccionamiento de los cortes dentro de una troza muestal.

➤ **Obtención de probetas:**

Inmediatamente después del aserrío longitudinal de las trozas y a partir de los tablones centrales frescos se procedió a dividirlos en viguetas con los cortes direccionados y dimensiones muy cercanas al requerido utilizando una sierra circular, luego con garlopa y cepilladora graduable de madera se obtuvo viguetas con dimensiones finales de 3x3x130 cm, seguidamente se seleccionó viguetas libres de defectos y medula, luego utilizando un disco radial se seccionó las viguetas en probetas con dimensiones finales (Anexo 8) esto se realizó para los ensayos físicos.

Con el mismo procedimiento se obtuvieron ya con madera seca al aire las probetas para los ensayos mecánicos y descripción anatómica. Las dimensiones y cantidades de las probetas se muestran en el (Tabla 11).

Tabla 11. Dimensiones de probetas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| PROPIEDADES FISICAS | | | | |
|---------------------|-------|--------------------|-----------|-----------------------|
| Tipo de ensayo | Árbol | Numero de probetas | Dimensión | Total de las probetas |
| | AI | 20 | 3X3X10 cm | |
| | AII | 20 | 3X3X10 cm | |
| Propiedades físicas | AIII | 20 | 3X3X10 cm | 99 |
| | AIV | 19 | 3X3X10 cm | |
| | AV | 20 | 3X3X10 cm | |

Fuente: Elaboración propia.

Continuación de la tabla 11.

| PROPIEDADES MECANICAS | | | | |
|------------------------------------|-------|-----------------|--------------|-----------------------|
| Tipo de ensayo | Árbol | Numero probetas | Dimensión | Total de las probetas |
| Flexión estática | AI | 14 | 2,5X2,5X41cm | 45 |
| | AII | 6 | 2,5X2,5X41cm | |
| | AIII | 7 | 2,5X2,5X41cm | |
| | AIV | 10 | 2,5X2,5X41cm | |
| | AV | 8 | 2,5X2,5X41cm | |
| Clivaje | AI | 8 | 5X5X 9,3 cm | 44 |
| | AII | 7 | 5X5X 9,3 cm | |
| | AIII | 8 | 5X5X 9,3 cm | |
| | AIV | 11 | 5X5X 9,3 cm | |
| | AV | 10 | 5X5X 9,3 cm | |
| Tenacidad | AI | 8 | 2X2X28 cm | 56 |
| | AII | 8 | 2X2X28 cm | |
| | AIII | 9 | 2X2X28 cm | |
| | AIV | 13 | 2X2X28 cm | |
| | AV | 18 | 2X2X28 cm | |
| Comprensión perpendicular al grano | AI | 7 | 5X5X15 cm | 28 |
| | AII | 5 | 5X5X15 cm | |
| | AIII | 5 | 5X5X15 cm | |
| | AIV | 5 | 5X5X15 cm | |
| | AV | 6 | 5X5X15 cm | |
| Extracción de clavos | AI | 7 | 5X5X15 cm | 28 |
| | AII | 5 | 5X5X15 cm | |
| | AIII | 5 | 5X5X15 cm | |
| | AIV | 5 | 5X5X15 cm | |
| | AV | 6 | 5X5X15 cm | |

Fuente: Elaboración propia.

Continuación de la tabla 11.

| PROPIEDADES MECANICAS | | | | |
|----------------------------|-------|-------------|------------------|-------|
| Ensayo | Árbol | N° probetas | Dimensión | Total |
| Cizallamiento | AI | 11 | 5x5x6,2 cm | 59 |
| | AII | 10 | 5x5x6,2 cm | |
| | AIII | 13 | 5x5x6,2 cm | |
| | AIV | 16 | 5x5x6,2 cm | |
| | AV | 9 | 5x5x6,2 cm | |
| Dureza | AI | 6 | 5x5x15 cm | 27 |
| | AII | 5 | 5x5x15 cm | |
| | AIII | 5 | 5x5x15 cm | |
| | AIV | 5 | 5x5x15 cm | |
| | AV | 6 | 5x5x15 cm | |
| CARACTERISTICAS ANATOMICAS | | | | |
| Torta (rodajas) | AI | 1 | 10 cm de espesor | 5 |
| | AII | 1 | 11 cm de espesor | |
| | AIII | 1 | 12 cm de espesor | |
| | AIV | 1 | 13 cm de espesor | |
| | AV | 1 | 14 cm de espesor | |
| Xilotecas | AI | 8 Tg y 8 Dr | 3x10x15 cm | 80 |
| | AII | 8 Tg y 8 Dr | 3x10x15 cm | |
| | AIII | 8 Tg y 8 Dr | 3x10x15 cm | |
| | AIV | 8 Tg y 8 Dr | 3x10x15 cm | |
| | AV | 8 Tg y 8 Dr | 3x10x15 cm | |
| Grano | AI | 8 | 5x5x5 cm | 40 |
| | AII | 8 | 5x5x5 cm | |
| | AIII | 8 | 5x5x5 cm | |
| | AIV | 8 | 5x5x5 cm | |
| | AV | 8 | 5x5x5 cm | |
| Microscópica | AI | 7 | 1x1x1 cm aprox. | 35 |
| | AII | 7 | 1x1x1 cm aprox. | |
| | AIII | 7 | 1x1x1 cm aprox. | |
| | AIV | 7 | 1x1x1 cm aprox. | |
| | AV | 7 | 1x1x1 cm aprox. | |

Fuente: Elaboración propia.

3.5.4. Etapa de laboratorio

a) En los ensayos físicos de la madera

Se realizaron en el laboratorio de anatomía de la madera de la UNAMAD donde se desarrollaron los siguientes procedimientos.

➤ **Hidratación de las probetas.**

Como en el proceso de talado, traslado y elaboración de probetas se perdió la humedad que se requería a evaluar es por ende se requirió a volver a saturar de humedad al máximo para ello se empleó agua de caño y una tina de plástico bastante grande que cubra de agua, el tiempo saturación fue de ocho días, con el cambio de agua diaria y lavado de las probetas (Anexo 9).

➤ **Codificación y trazado de las probetas:**

Ya en el laboratorio de anatomía de la madera de la UNAMAD se procedió a codificarlas con lapicero (Tabla 12), seguidamente el trazado en forma de (X) en las seis caras de las probetas con una regla y lapicero, esto para centrar los puntos medios de las probetas para hacer las mediciones de ancho, alto y largo y el seguimiento durante los ensayos físicos de las probetas.

Tabla 12. Codificación de las probetas de para los ensayos físicos

| CÓDIGO DE ÁRBOL MUESTRA | CÓDIGO DE PROBETAS |
|-------------------------|------------------------------|
| AI | AI1,AI2,AI3.....AI20 |
| AII | AII1,AII2,AII3.....AII20 |
| AIII | AIII1,AIII2,AIII3.....AIII20 |
| AIV | AIV1,AIV2,AIV3.....AIV19 |
| AV | AV1,AV2,AV3.....AV20 |

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Registro de datos iniciales:**

Con una balanza electrónica de 0,001g de precisión se registraron los datos iniciales de masa, seguidamente se registraron las dimensiones de alto, ancho y largo con un micrómetro digital de 0,001 mm de precisión y consiguientemente el volumen atarves del método de desplazamiento de agua para ello se utilizó una balanza electrónica de 0,01g de precisión, vaso precipitado con capacidad de 200 ml y soporte universal debidamente acondicionado (Anexo 9).

➤ **Proceso de secado en estufa:**

Una vez realizadas las evaluaciones iniciales de las probetas saturadas, estas se agruparon y se depositaron en la estufa eléctrica y se aplicó un calentamiento gradual empezando de 35 °C hasta alcanzar los $105 \pm 2^\circ\text{C}$, después de cada aumento diario de 5°C de temperatura se registró la masa con la balanza electrónica de 0,001g de precisión para ello primero se dejó enfriar las probetas en el desecador provisto de celicagel. Este proceso se repitió hasta obtener masa constante de las probetas, (Anexo 9). Luego que las probetas obtuvieran una masa constante se procedió al registro de datos finales del mismo modo que el registro de datos iniciales.

b) Ensayos mecánicos de la madera de Alco kaspi

Los ensayos mecánicas se realizaron con probetas seca al aire en el laboratorio de tecnología de la madera de la Universidad Nacional Agraria la Molina UNALM donde se desarrollan los siguientes procedimientos (Anexo 10).

➤ **Acondicionamiento de las probetas:**

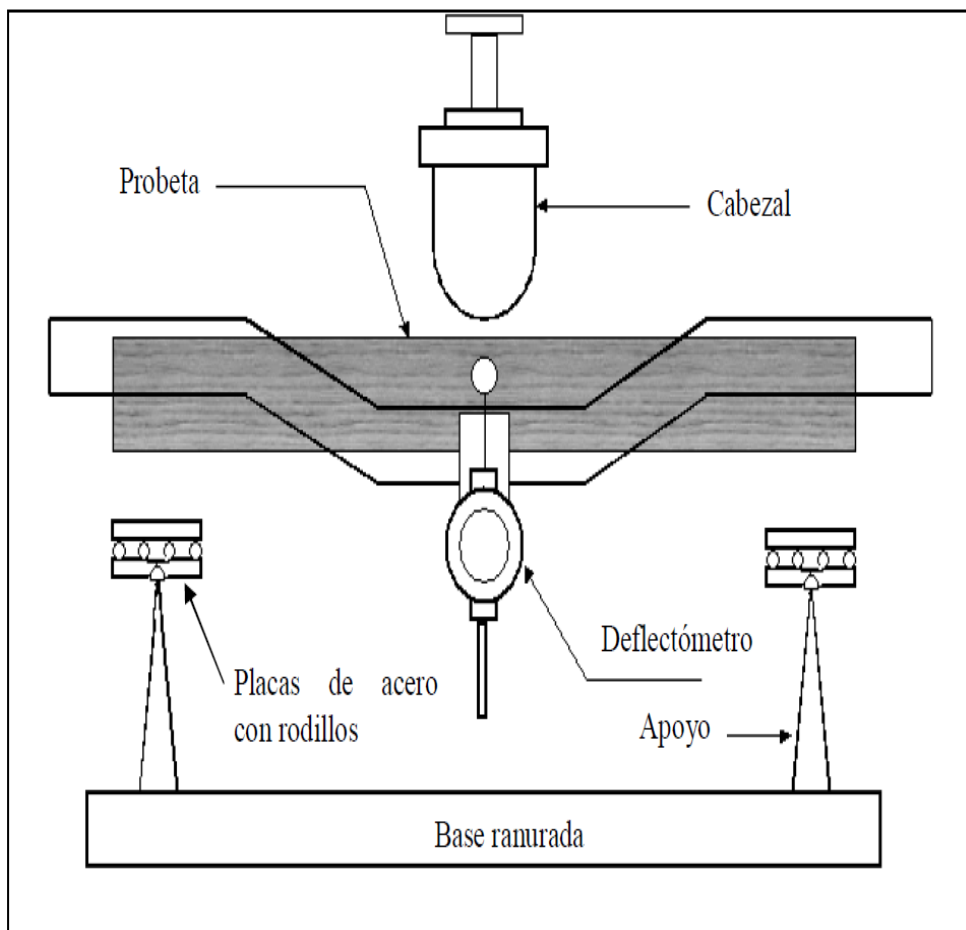
Primeramente se acondicionaron, codificado y se trazó los puntos medios de las caras de las probetas con lapicero y regla de acuerdo a la necesidad que se presentó en todos los procedimientos de los ensayos mecánicos y se siguió de conformidad a las técnicas de ensayo establecidas por las Nomas Técnicas Peruanas (Tabla 15).

➤ **Ensayo de flexión estática:**

Para este ensayo se utilizó una prensa universal y accesoria “Tinius Olsen” con capacidad 60 000 libras y probetas de 2,5x2, 5x41 cm de dimensión, para ello primero se colocó la probeta en los apoyos provistos de placas de acero con rodillos, sobre la guía o base con una luz de 36 cm.

Seguidamente se aplicó la carga en el centro de la probeta y en la cara tangencial más cercana a la médula (Figura 6), a una velocidad constante de 2,5 mm/min (0,10 pulg/min).

Las deflexiones fallas producidas para cada incremento de carga, hasta la alcanzar la falla se registraron en los formatos asignados por la Norma Técnica Peruana NTP 251.017 (Anexos 16).



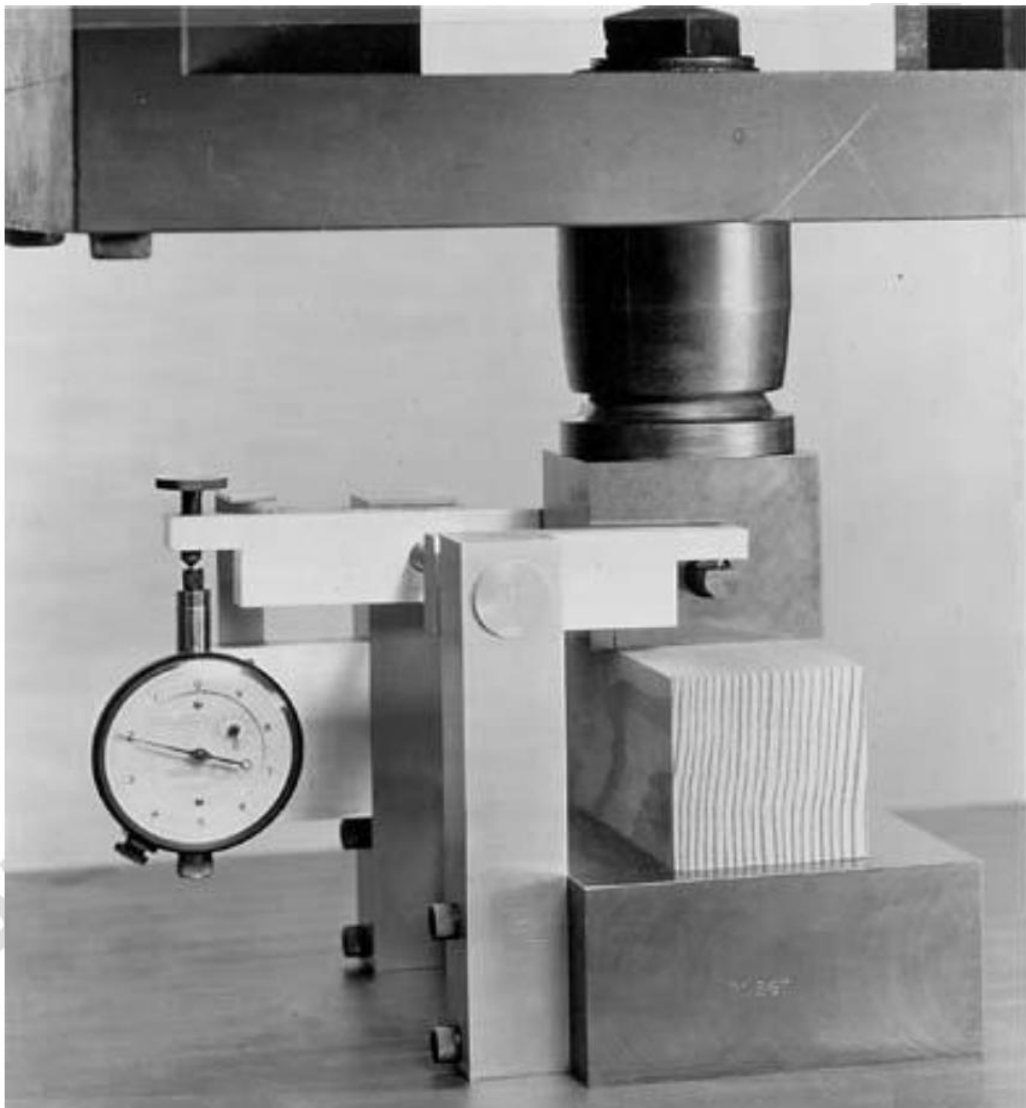
Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 251.017.

Figura 6. Modo de ensayo de flexión estática.

➤ **Ensayo de compresión perpendicular al grano:**

Para este ensayo se utilizó probetas de 5x5x15 cm y una prensa universal y accesorio “Tinius Olsen” con capacidad de 60 000 libras, para este fin la probeta se colocó en el accesorio de metal; seguidamente se aplicó la carga a una velocidad constante de 0,3 mm/min (0,012 pulg/min) con dirección de la base de metal la cual actuó sobre la probeta (Figura 7).

Las deformaciones para cada incremento de carga, se registraron en los formatos asignados por la Norma Técnica Peruana NTP 251.016 (Anexos 13).



Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 251.016.

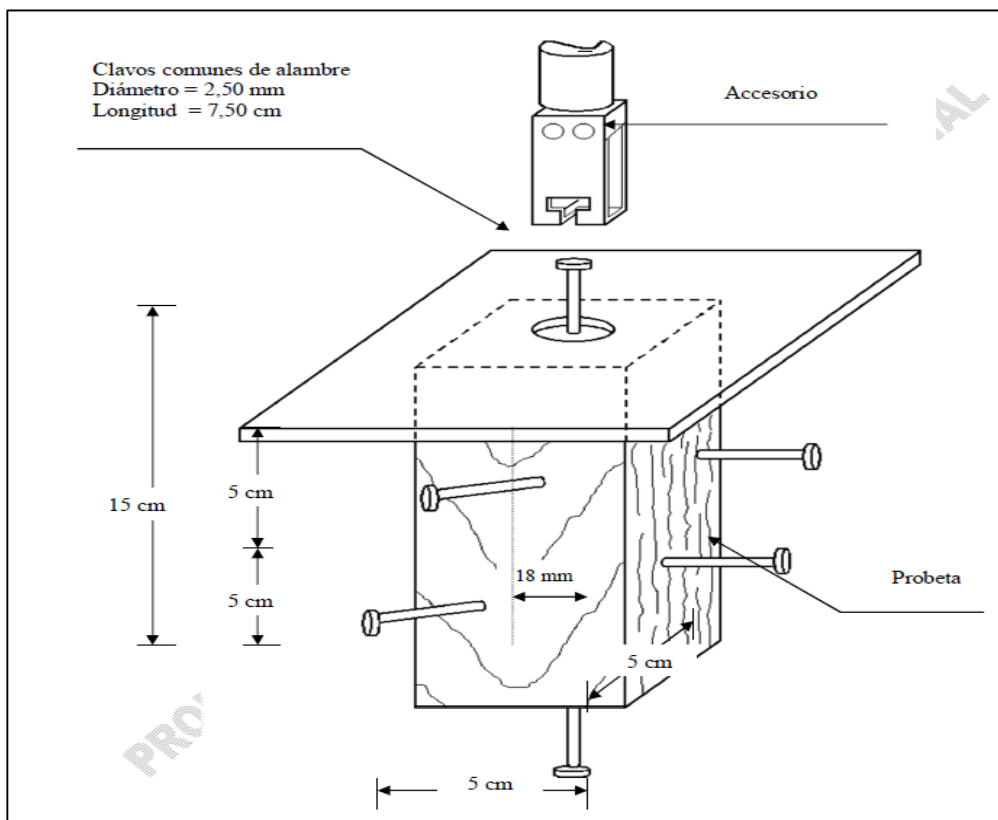
Figura 7. Modo de ensayo de compresión perpendicular.

➤ **Ensayo de extracción de clavos:**

En este ensayo se utilizó una prensa universal y accesorio “Tinius Olsen” capacidad 60 000 libras y probetas de 5x5x15 cm.

El proceso consistió en clavar dos clavos de 3,63 mm de diámetro promedio y 79,80 mm de longitud promedio en las caras tangencial, radial y uno en los extremos (Figura 8), esto con la ayuda de la guía de acero y martillo en un ángulo de 90° de la base de la probeta hasta una profundidad de 32 mm promedio, en total se clavaron 10 clavos por probeta.

Seguido a ello se colocó la probeta en los accesorios respectivos y se extrajeron los clavos aplicando la carga a una velocidad constante de 2,5 mm por minuto. Los datos del ensayo se registraron en los formatos asignados por la Norma Técnica Peruana NTP 251.036 (Anexos 15).



Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 251.036.

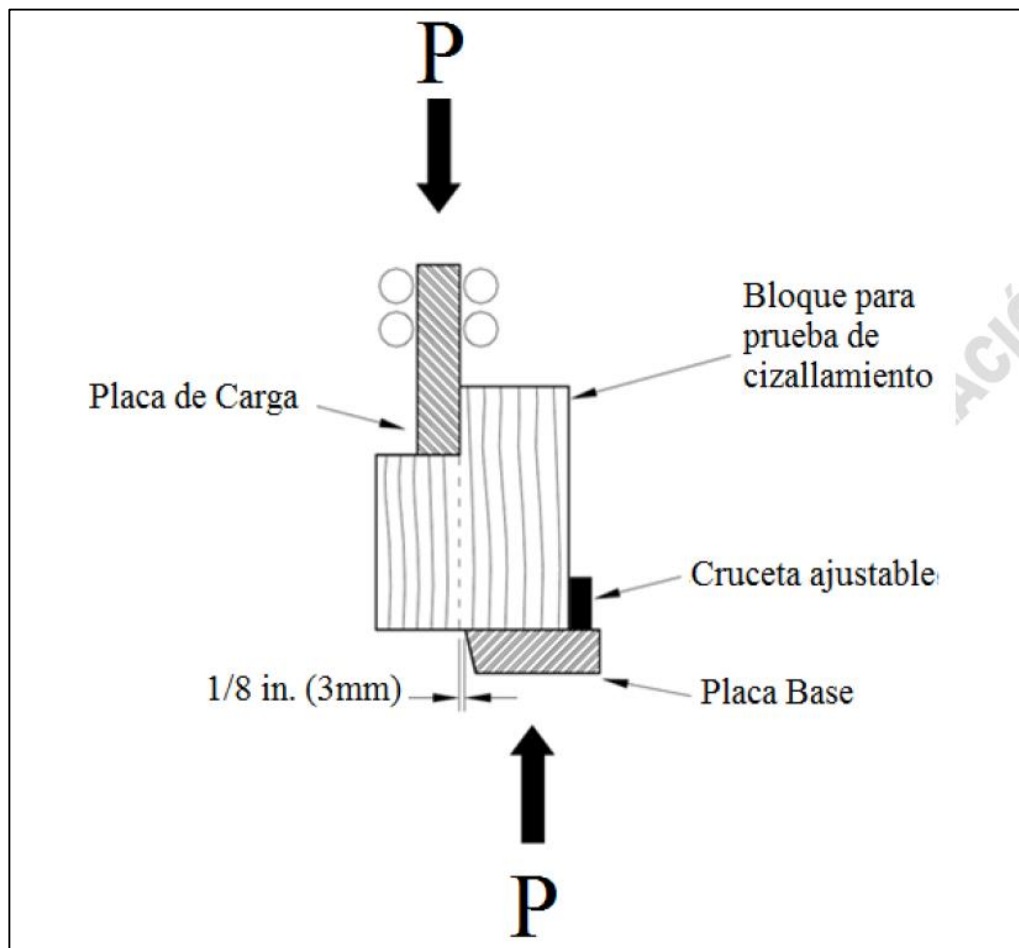
Figura 8. Posición de los clavos para ensayo de extracción de clavos.

➤ **Ensayo de cizallamiento paralelo al grano:**

Al igual que los ensayos anteriores se utilizó una prensa universal y accesorio “Tinius Olsen” capacidad 60 000 libras y probetas de 5x5x6,3 cm de dimensión para ello se combinaron las caras radial y otra tangencial de las probetas, consiguientemente se colocó la probeta en el accesorio y se ajustó el accesorio por medio de los pernos (Figura 9).

Seguidamente se aplicó la carga a una velocidad continua de 0,6 mm/min (0,024 pulg/min) hasta lograr la ruptura de la probeta.

Los datos de la carga máxima y forma de la rotura del ensayó se registró en los formatos asignados por la Norma Técnica Peruana NTP 251.013 (Anexo 12).



Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 251.013.

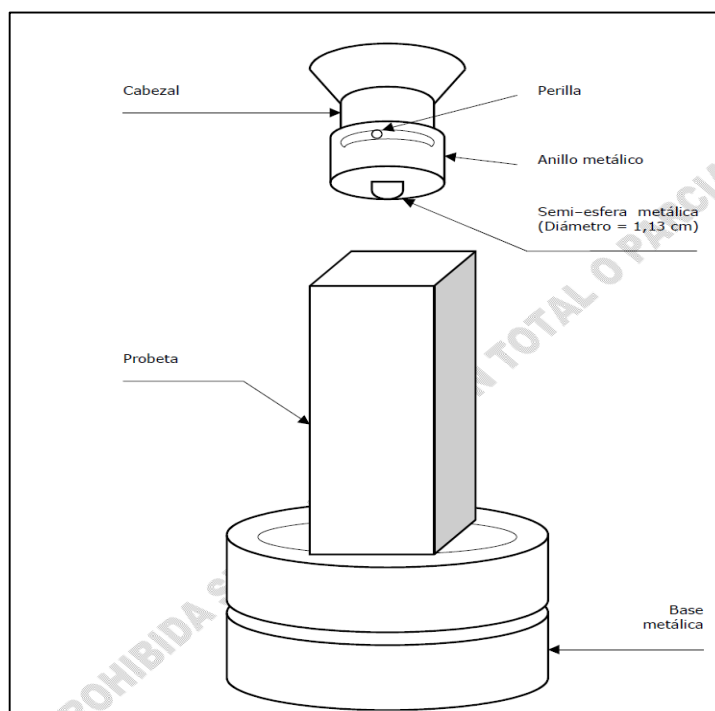
Figura 9. Posición de la probeta para el ensayo de Cizallamiento.

➤ **Ensayo de dureza:**

Para este ensayo se utilizó una prensa universal y accesorio “Tinius Olsen” capacidad 60 000 libras y probetas de madera de Alco kaspí de 5x5x15 cm.

Primeramente se colocó los accesorios apropiados de la prensa en el punto requerido seguidamente en el medio ellos la probeta de madera, luego se hizo penetrar la semiesfera (1,13 cm de diámetro) totalmente en las 6 caras de la probeta (Figura 10), aplicando la carga a una velocidad constante de 6 mm/min (0,24 pulg/min).

Los datos del ensayo se registraron en los formatos asignados por la Norma Técnica Peruana NTP 251.015 (Anexo 14).



Fuente: la Norma Técnica Peruana NTP 251.015.

Figura 10 Modo de ensayo de dureza de la madera.

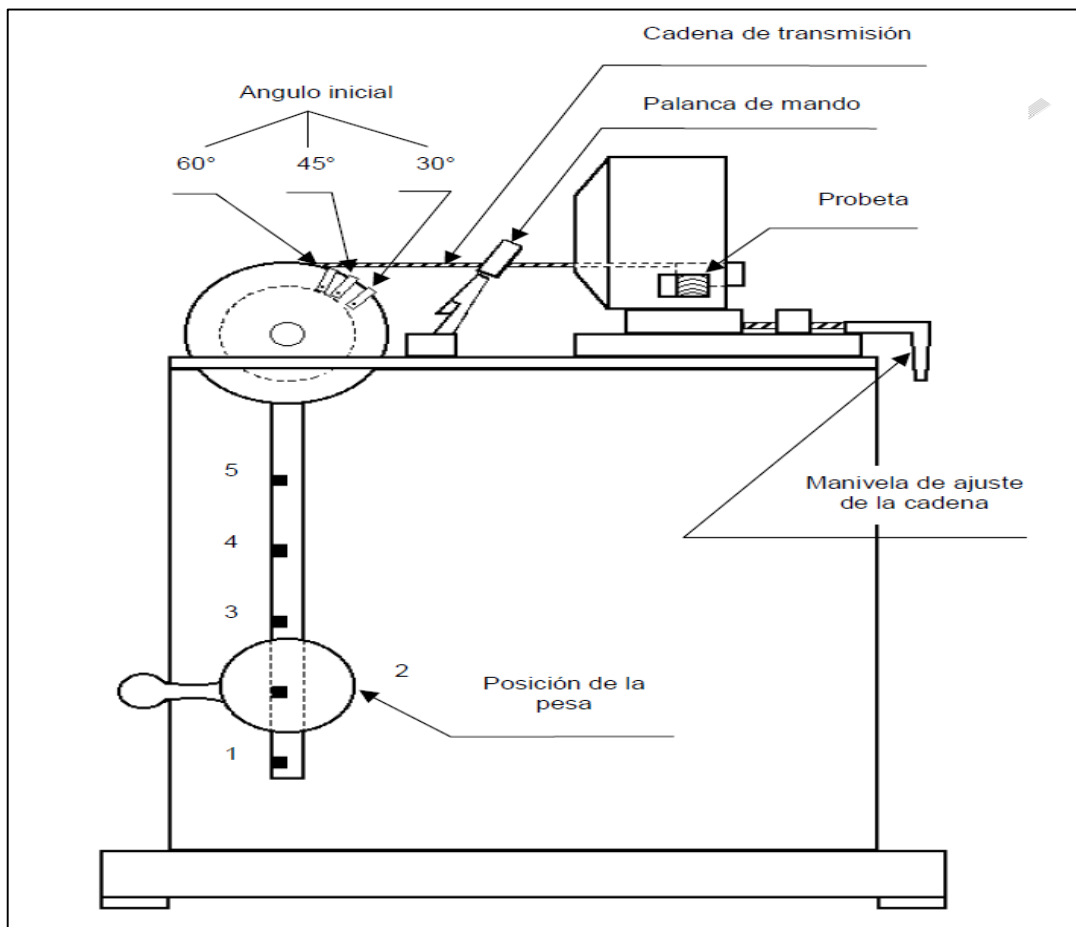
➤ **Ensayo de tenacidad:**

En este ensayo se utilizó una probadora de tenacidad “Wiedemann Baldwin y probetas de 2x2x28 cm de dimensión, primeramente para estandarizar el ensayo se practicó el ensayo, mediante el tanteo preliminar con probetas extras, con el propósito de establecer el ángulo y la posición del péndulo para

ello se colocó la probeta entre dos apoyos con una luz de 24 cm, alrededor del centro de la probeta se colocó un aro sujeto con cadena metálica que transmitió la energía generada por la caída del péndulo de la probadora de tenacidad hasta quebrarla la probeta (Figura 11),

Una vez quedando regulado la máquina probadora de tenacidad cuando la probeta se quebró de un solo golpe y la diferencia entre el ángulo inicial y final fue de por lo menos 10 °C, el ángulo que se estableció fue de '60 °C y la posición 5 del peso; Seguidamente se prosiguió el ensayo accionando el péndulo para la ejecución del ensayo, los ensayos se realizaron en el corte tangenciales y radiales,

Los datos del ensayo se registraron en los formatos asignados por la Norma Técnica Peruana NTP 251.018 (Anexo 17).

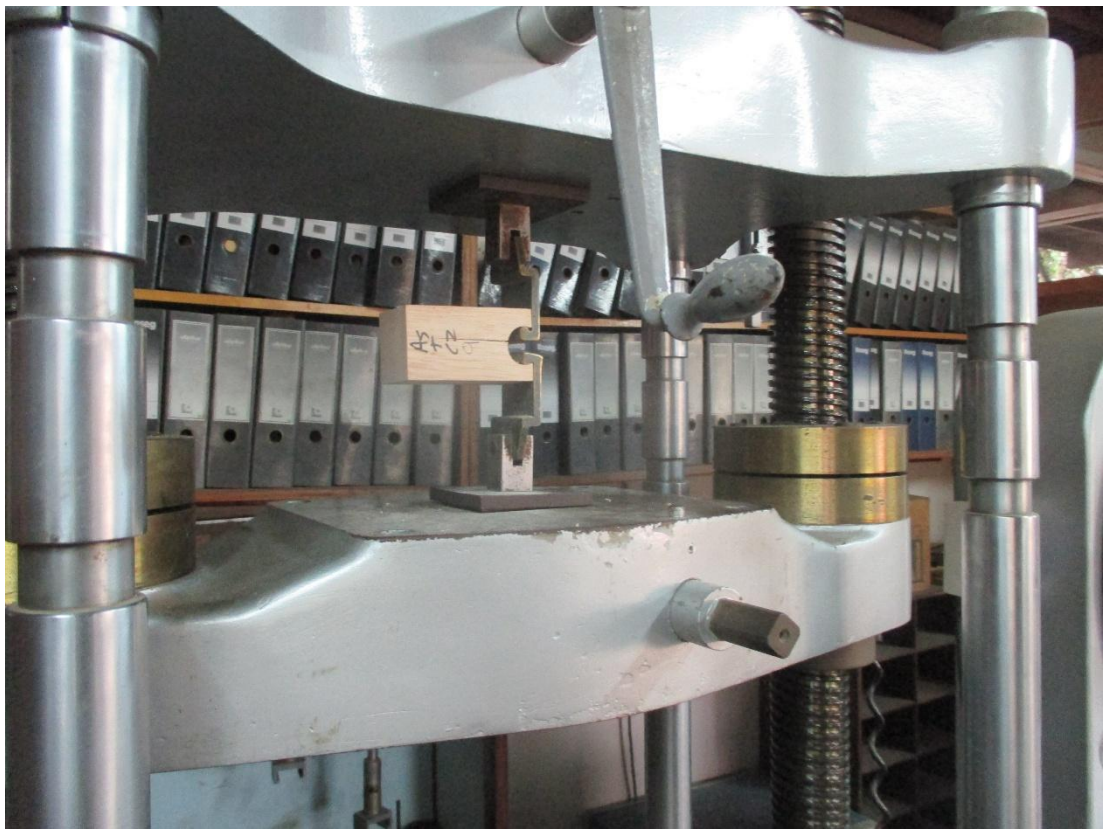


Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 251.018.

Figura 11. Probadora de tenacidad para ensayo de tenacidad.

➤ **Ensayo de clivaje:**

En este ensayo se utilizó una prensa universal y accesorio “Tinius Olsen” capacidad 60 000 libras, y probetas de madera de Alco kaspi de 5x5x9,5 cm de dimensión con los orificios en los extremo del lado radial y tangencial, un orificio por probeta. Primeramente se colocó la probeta entre los accesorios, luego se aplicó la carga a una velocidad constante de 2,5 mm/min (0,1 O pulg/min) (Figura 12). Seguido al ensayo se registraron los datos en los formatos asignados por la norma técnica Peruana NTP 251.019.



Fuente: elaboración propia

Figura 12. Modos de ensayo de resistencia al clivaje de la madera

➤ **Procedimientos finales de los ensayos mecánicos:**

Después de terminar cada ensayo se aplicó la misma metodología de determinación de las propiedades físicas de las probetas, para ello se determinó el contenido de humedad y volumen de cada uno de las probetas ensayadas a través de las mini probetas acondicionadas (Tabla 13) provenientes de la parte más cercana a la falla de la probeta ya ensayadas.

En el caso de los probetas de clivaje y cizallamiento se utilizaron las partes rotas más pequeñas de las probetas ensayadas; para estos procedimientos finales se utilizaron la balanza digital “Adam” con precisión 0,01 g, Hornos eléctricos “Memmert” de 103 ± 2 °C (mufla), Vernier digital Mitutoyo, vaso precipitado de 200 ml, desecador provista de silicajel, soporte universal acondicionado, libreta de campo y lapicero (Anexo 10)

Tabla 13. Dimensiones de mini probetas de propiedades mecánicas.

| ENSAYO MECÁNICO | DIMENSIÓN DE LA MINI PROBETA |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Flexión estática | 2,5x2,5x2,5 cm |
| Tenacidad | 2x2x2,5 cm |
| Dureza | 5x5x2,5 cm |
| Extracción de clavos | 5x5x2,5 cm |
| Compresión perpendicular al grano | 5x5x2,5 cm |
| Clivaje | Parte más pequeña de la falla |
| Cizallamiento | Parte más pequeña de la falla |

Fuente: Elaboración propia.

c) Descripción de las características anatómicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa:

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de anatomía de la madera de la UNAMAD el cual comprende la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera, los cuales se ciñeron a lo establecido por las normas técnicas de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) N° 30: 1-19 descripción de características organolépticas, macroscópicas y microscópicas de dicotiledóneas, angiospermas y guía de descripción general, organoléptica y macroscópica

de las maderas tropicales (Portal, 2011) en donde se desarrollaron las siguientes prosedimientos (Anexo 11).

➤ **Descripción de las características anatómicas generales.**

Para la descripción de las características anatómicas generales se empleó rodajas de madera de 10 cm de espesor para ello estas primeramente fueron lijadas y pulidas en sus secciones transversales con lijas para madera de diferentes medidas comenzando del más grueso al más fino (60, 80, 120, 220 y 320) (Figura 18) esto para facilitar el contraste de los elementos anatómicos como tipo de corteza, anillos de crecimiento, color de albura, color de duramen, color médula y otros.

➤ **Descripción de las características anatómicas macroscópicas:**

Para esta descripción se utilizaron muestras de xilotecas de 3x10x15 cm de dimensión debidamente orientados que sirvieron para la caracterización del color, brillo, olor, sabor, textura, veteado, poros, parénquima (Figura 18). El color fue determinado con la tabla Munsell (1977).

Para visualizar los poros y radios se utilizó cuchilla (cúter) haciendo un corte en los cortes transversales de las xilotecas,

El olor y sabor fue a través de los sentidos; Para la determinación del tipo de grano se utilizaron cubos de madera de 5x5x5 cm de dimensión debidamente orientados, para ello se utilizó una cuchilla metálica de 10x2,5 cm con espesor en una de las hileras de 1 cm y en la otra puntiaguda afilada, con la ayuda del martillo se proporcionaron los golpes a la cuchilla hasta lograr partirla, luego se observó las fallas y atarves de ello se determinó el tipo de grano estos ensayos fueron en las caras transversales paralelas a las caras tangencial, radial y oblicua de la probeta (Figura 19),

➤ **Descripción de las características anatómicas microscópicas:**

Para la descripción de las características anatómicas microscópicas de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) se desarrollaron los siguientes procedimientos.

a) Ablandamiento de las mini probetas:

Consistió en ablandar las mini probetas de 1x1x2 cm aproximadamente una cantidad de cuatro por árbol esto a partir de las xilotecas luego el proceso de cocción en una cocina eléctrica a 250 °C durante 22 días con siete horas diarias en cinco vasos precipitado de 50 ml provistos de agua de caño con nivel aproximado que rebasa las cuatro mini probetas con cortes debidamente orientadas , esto para que facilite los cortes de láminas histológicas con el micrótopo de deslizamiento horizontal (Anexo 11).

b) Obtención de láminas histológicas

Consistió en realizar los cortes de la mini probeta en los tres lados de tangencial, radial y transversal utilizando el micrótopo de deslizable horizontal debidamente equipada a una medida de espesor de 18 µm para el lado transversal y 14 µm para los lados tangencial y radial (Anexo 11).

c) Selección de las láminas histológicas:

Se seleccionaron cuatro láminas por corte tangencial radial y transversal previo visualización en el microscopio con adjetivo de 10x de aumento, donde el criterio de selección fue las láminas que tengan la mejor representación de los tejidos a evaluar.

d) Deshidratación de las láminas histológicas seleccionadas:

Es proceso consistió en deshidratar las láminas histológicas en una placa petri provisto de alcohol de 76 °C y en otra placa petri provisto de alcohol de 96 °C con un intervalo de cinco minutos en cada placa Petri (Anexo 11).

e) Coloración, fijación y Montaje de las láminas histológicas:

Primero se colocaron las láminas en un portaobjetos para colorearlos con una gota de safranina por lamina durante 5 a 7 minutos, después fijar lo coloreado con una gota de xilol por lamina durante 5 a 7 minutos, seguramente se lavó el exceso de colorante con alcohol de 76 y 96 °C con un intervalo de 5 a 7 minutos, posterior a ello el montaje con la ayuda de un pincel apropiado para las láminas en portaobjetos luego se aplicando una gota de solución de bálsamo de canada y xilol con 50 % de concentración para luego cubrir con el cubreobjetos, el detalle de este último es en cada portaobjeto se montó tres laminas (tangencial, radial y transversal), seguidamente se codifico las muestras de las láminas microscópicas con un estikers y por ultimo colocarlos en el horno eléctrico (mufla) a 80 °C por un periodo de 5 días para su secado respectivo (Anexo 11).

f) Registro de microfotografías de las láminas histológicas:

Utilizando un microscopio con cámara incorporada y una computadora provista del software Las Ez se registraron dos fotografías por lámina con objetivos de 4x y 10x de aumento (Anexo 11).

g) Medición y registro de las dimensiones de las características anatómicas microscópicas:

En una libreta de campo se registraron 25 mediciones por tejido microscópico de las diferentes fotografías con el software image-pro plus instalada en una computadora estas mediciones se realizaron de forma digital, como diámetros de los poros, numero de poros en un mm², largo de los radios, numero de radios en un mm², cantidad de células en el eje central de largo del radio, cantidad de células en el eje central del ancho del radio.

h) Preparación de tejido macerado:

Se empleó el método de ablandamiento esta vez con ácido nítrico al 33 %, se prepararon 20 astillas de madera por árbol similar a los palitos de fosforo a partir de las mini probetas de 1x1x2 cm preparadas de las xilotecas, con ayuda de la cuchilla cuneiforme, luego se colocaron las astillas de madera en cada uno de los cinco vasos codificados de 50 ml de capacidad, luego se agregó 20 ml de ácido nítrico al 33 % y se llevó a cocción a 150 °C de temperatura en una cocina eléctrica por un tiempo de 30 minutos hasta que las astillas se decoloraran y se ablandaran,

Después del ablandamiento se comprobó el ablandado tomando una muestra de consistencia de las astillas con la pinza, luego se procedió al lavado de los vasos precipitados con tejido incluido seis veces con agua de caño evitando la perdida de las astillas; seguidamente al igual que en el proceso de preparación de láminas, las fibras se colocaron en una placa petri y se deshidrató secuencialmente en alcohol de 76 y 96 °C, del mismo modo que el proceso de coloración y montaje, para ello se agregó de 4 a 5 gotas de safranina a la placa petri y se dejó por espacio de 6 minutos,

Consiguientemente a esto se fijó con 5 a 6 gotas de xilol, después de 30 minutos se lavó con cuidado el exceso de colorante con alcohol de 76 °C unos dos veces, luego se agregó unos 10 gotas de glicerina para desmenuzar con pincel con cuidado haciendo una mezclas homogénea logrando separar las fibras de los vasos y tejidos parenquimatoso, finalmente se procedió al montaje del tejido macerado de manera similar que el caso de las láminas.

i) Registro de las microfotografías de las fibras:

Al igual del proceso de las láminas se tomaron 25 fotografías por tejido con el mismo software de las láminas de las fibras y vasos con un microscopio con cámara incorporada con un aumento 10x y 40x, para las mediciones se utilizó el mismo software de las láminas, para medir el diámetro de las fibras se utilizó objetivo con un aumento de 40x y para medir largo del vaso se utilizó fotos de objetivo 10x de aumento.

3.5.5. Etapa gabinete

Esta etapa del estudio consistió en la elaboración del informe final (tesis) así como el análisis de los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos de la etapa de campo y laboratorio lo cual comprende el procesamiento de datos, para empezar se ingresaron y se ordenaron los datos mediante el través de una computadora provista de un software de hoja de cálculos para realizar los cálculos básico y elementales estadístico de las bases de datos obtenidos de los diferentes ensayos donde se determinó el promedio, coeficiente de variación, desviación estándar, rangos mínimos y máximos, intervalo de confianza al 95 %,

Del mismo modo se desarrollaron las comparaciones entre medias de los resultados de la diferentes ensayos entre los cinco árboles, también las comparaciones de los resultados promedios con los resultados reportados y presentados en los antecedentes esto para determinar si existe similitud entre los resultados obtenidos con los reportados, por otra parte la comparación de los mismos para determinar los usos posibles de esta especie.

También se persevero la variabilidad de los resultados de las medias de los ensayos realizados entre arboles es por ello se realizó un análisis invariante simple para comprobar la existencia de la variación entre árboles y explicar por qué esta variabilidad.

Para propiedades físicas:

Conforme a la metodología establecida por la Norma Técnica Peruana (Tabla 14) se determinaron las propiedades físicas empleando las formulas del 1 al 9 para determinar los diferentes tipos de densidad de la madera; asimismo, la fórmula 4 para el contenido de humedad y para los diferentes tipos de contracción se utilizó las formulas del 5 al 8. estipularon las fórmulas para luego aplicarlos en la base de datos del ensayo físico.

Tabla 14. Normas técnicas peruanas para propiedades físicas.

| Nº | CÓDIGO | NOMBRE | FORMULAS |
|----|----------------|---|----------|
| 1 | NTP 251.011 | Método de determinación de la densidad. | 1,2Y3 |
| 2 | NTP 251.010 | Método de determinación del contenido de humedad. | 4 |
| 3 | NTP 251.012 | Método de determinación de la contracción. | 5 al 8 |

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Densidad básica.**

$$DB(g/cm^3) = \frac{M_o}{V_s} \quad (1)$$

Donde:

DB = Densidad básica expresado en (g/cm^3)

M_o = Peso de la probeta seca al horno (g).

V_s = Volumen de la probeta saturada (cm^3)

➤ **Densidad anhidra.**

$$Da(g/cm^3) = \frac{M_s}{V_o} \quad (2)$$

Donde:

Da = Densidad anhidra expresado en (g/cm^3)

M_s = Peso de la probeta seca al horno (g).

V_o = Volumen de la probeta seca al horno (cm^3)

➤ **Densidad verde.**

$$D_v (g/cm^3) = \frac{M_v}{V_v} \quad (3)$$

Donde:

D_v = Densidad verde expresado en (g/cm^3)

M_v = Peso de la probeta en condición húmeda o saturada (g).

V_v = Volumen de la probeta en condición húmeda o saturada (cm^3)

➤ **Contenido de humedad.**

$$CH (\%) = \frac{M_h - M_o}{M_o} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

CH = Contenido de humedad expresado en (%)

M_h = Peso de la probeta en condición húmeda (g).

M_o = Peso de la probeta seca al horno (g),

➤ **Contracción volumétrica.**

$$CV (\%) = \frac{V_s - V_o}{V_s} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

CV = Contracción volumétricas expresada en (%)

V_s = Volumen de la probeta saturada (cm^3)

V_o = Volumen de la probeta seca al horno (cm^3)

➤ **Contracción tangencial.**

$$C_t (\%) = \frac{D_s - D_o}{D_s} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

C_t = Contracción tangencial expresada en (%)

D_s = Dimensiona tangencial de la probeta saturada expresada en (cm)

D_o = Dimensiona tangencial de la probeta seca al horno expresada en (cm)

➤ **Contracción radial.**

$$Cr(\%) = \frac{D_s - D_o}{D_s} \times 100 \quad (7)$$

Donde:

Cr = Contracción radial expresada en (%)

D_s = Dimensiona radial de la probeta saturada expresada en (cm)

D_o = Dimensiona radial de la probeta seca al horno expresada en (cm).

➤ **Contracción longitudinal.**

$$Cl(\%) = \frac{D_s - D_o}{D_s} \times 100 \quad (8)$$

Donde:

Cl = Contracción longitudinal expresada en (%)

D_s = Dimensiona longitudinal de la probeta saturada expresada en (cm)

D_o = Dimensiona longitudinal de la probeta seca al horno expresada en (cm)

➤ **Relación de contracción tangencial y radial (índice de estabilidad).**

$$Ct/Cr = \frac{Ct(\%)}{Cr(\%)} \quad (9)$$

Donde:

Ct/Cr = índice de estabilidad de la madera

Ct = Contracción tangencial expresada en (%)

Cr = Contracción radial expresada en (%)

➤ **Determinación de la anisotropía de la madera:**

Se estableció la comparación de las tres contracciones para describir la anisotropía de la madera (Figura 17)

a) Para propiedades mecánicas:

Conforme a la metodología establecida de determinación de la propiedades mecánicas cuadro 4 se estipularon las fórmulas para luego aplicarlos en la base de datos de los ensayo mecánicos.

Tabla 15. Normas técnicas peruanas para propiedades mecánicas.

| Nº | CÓDIGO | NOMBRE | FORMULAS |
|----|-------------|--|-------------|
| 1 | NTP 251.017 | Método de determinación de la Flexión Estática. | 10, 11 Y 12 |
| 2 | NTP 251.015 | Método de determinación de la dureza. | |
| 3 | NTP 251.018 | Método de determinación de la tenacidad. | |
| 4 | NTP 251.016 | Método de determinación de la Compresión Perpendicular al grano. | 13 |
| 5 | NTP 251.036 | Método de determinación de la Extracción de Clavos. | |
| 6 | NTP 251.019 | Método de determinación del Clivaje. | 14 |
| 7 | NTP 251.013 | Método de determinación del Cizallamiento paralelo al grano. | 15 |

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Flexión estática se determinó lo siguiente:**

A) Esfuerzo al límite proporcional (ELP):

$$a. \text{ ELP}(\text{kg}/\text{cm}^2) = \frac{3P'L}{2ae^2} \quad (10)$$

Donde:

ELP:= Esfuerzo de la fibra al límite proporcional expresado en (kg/cm^2)

P' = Carga al límite proporcional (kg).

P =Carga máxima.

L =Luz de la probeta (cm).

a = Ancho de la probeta (cm).

E =Espesor de la probeta (cm)

B) Módulo de ruptura (MOR).

$$\text{MOR}(\text{kg}/\text{cm}^2) = \frac{3PL}{2ae^2} \quad (11)$$

Donde:

MOR = Módulo de ruptura expresado en (kg/cm²).

P = Carga al límite proporcional (kg).

P = Carga máxima.

L = Luz de la probeta (cm).

a = Ancho de la probeta (cm).

E = Espesor de la probeta (cm).

C) Módulo de elasticidad (MOE).

$$\text{MOE}(\text{kg}/\text{cm}^2) = \frac{3PL}{2ae^2 Y} \quad (12)$$

Donde:

MOE = Módulo de elasticidad expresado en (kg/cm²)

P =Carga al límite proporcional (kg).

P =Carga máxima.

L =Luz de la probeta (cm).

a = Ancho de la probeta (cm).

E =Espesor de la probeta (cm).

Y = Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional en (cm).

D) Dureza.

Para este caso se expresaron los valores promedio de dureza expresado en (kg)

E) Tenacidad.

La tenacidad se determinó el valor empleando de la tabla de valores del laboratorio de Madison USA.

F) Compresión perpendicular al grano.

$$ELP(\text{kg}/\text{cm}^2) = \frac{P'}{A} \quad (13)$$

Donde:

ELP= Esfuerzo de la fibra al límite proporcional expresado en (g/cm^2)

P' = Carga al límite proporcional.

A= Área comprimida por la placa metálica sobre la probeta en (cm).

G) Extracción de clavos.

Los resultados se expresaron en kg. De resistencia promedio a la extracción por clavo.

H) Clivaje.

$$CL (\text{kg}/\text{cm}^2) = \frac{P}{a} \quad (14)$$

Donde:

CL = Resistencia al clivaje expresado en (g/cm^2)

P = Carga máxima (kg).

a = Ancho de la probeta expresado en (cm).

I) Cizallamiento.

$$CZ (\text{g}/\text{cm}^2) = \frac{P}{A} \quad (15)$$

Donde:

CZ= Resistencia al cizallamiento expresado en (kg/cm^2)

P =Carga máxima (kg).

A= Superficie de cizallamiento (cm).

b) Características anatómicas:

Se describió las características anatómicas conforme a lo estipulado por la norma técnica COPANT (1972) y guía (Tabla16)

Tabla 16. Normas técnicas para descripción anatómica.

| N° | NOMBRE |
|----|---|
| 1 | Norma técnica COPANT, 1974. Maderas: Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de las maderas angiospermas y dicotiledóneas: |
| 2 | IAWA, 1989. with an Appendix on non-anatomical information, para describir las características microscópicas |
| 3 | Guía para la descripción organoléptica y macroscópica de las especies tropicales (Portal 2010) |

Fuente: Elaboración propia.

Características generales:

Se describió la corteza, anillos de crecimiento, albura, duramen, medula, determinación el grano, la textura, el lustre o brillo y veteado, con las rimestras de xiloteca, determinación de color se utilizó Munsell (1977).

Características organolépticas:

Se describió los poros, el parénquima, los radios, además de otras características como floema, inclusiones, canales intercelulares, etc.

Características microscópicas:

Se determinó los siguientes parámetros microscópicos.

- Promedio del diámetro de los poros expresado en (μm)

- Promedio del número de poros en un mm².
- Promedio del longitud de los radios expresado en (μm).
- Promedio del número de radios en un mm².
- Promedio del número de células que conforman en el largo de los radios.
- Promedio del número de células en el ancho de los radios.
- Promedio del longitud de las fibras expresado en (μm).
- Promedio del espesor de la pared de las fibras expresado en (μm).
- Promedio del diámetro de las fibras expresado en (μm).
- Promedio del diámetro del lumen de las fibras expresado en (μm)
- Promedio del longitud de los vasos expresado en (μm).

c) Comparación de los resultados:

Se comparó los resultados entre árboles y de otras especies de similar resultado del mismo género de los antecedentes presentados y otras especies conocidas comercialmente para cada resultado de los ensayos (Tabla 23, 24).

d) Clasificación de Alco kaspi en función a los resultados obtenidos:

Se clasifico en función a los resultados obtenidos del estudio, se realizó según los criterios de las (Tablas 04,05 y 06).

e) Determinación de los posibles usos:

Se realizó haciendo una comparación de la similitud de los resultados obtenidos de propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) con otras especies de similares resultados.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACION

4.1. Propiedades físicas

Los resultados de las propiedades físicas de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi), se describen en las (Tablas 17 a 33) en donde se presentan los promedios generales y por árboles, además el número total de probetas evaluados por árbol, rangos mínimos y máximos, coeficiente de variación y desviación estándar.

4.1.1. Contenido de humedad (CH)

El contenido de humedad, promedio para la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa, es de 122,02 %, (Tabla 17), fluctuando un contenido de humedad mínima de 92,95 % a un contenido de humedad máximo de 140,46 %; por otra parte presenta el coeficiente de variación de 8,82 % que se encuentra entre los rangos normales.

Haciendo una comparación de medias de contenido de humedad de madera verde promedio entre arboles muestrales (Figura 13), se presenta una variación significativa y todos presentaron un CH mayor al 100 %, lo mismo que es corroborado por Rosales (2015) y Días (2005). Del mismo modo, el CH de la especie en estudio es muy inferior a las maderas de achiua (*Jacarnada copaia*) con 302 % *Spondias mombin* con 203 % y *Guazuma ulmifolia* con 175 % pero similar al tornillo (*Cedrelinga catenaeiformis*) que es de 106 % y superior *Escheweilera coriácea* que es de 61 % (Rosales 2015)

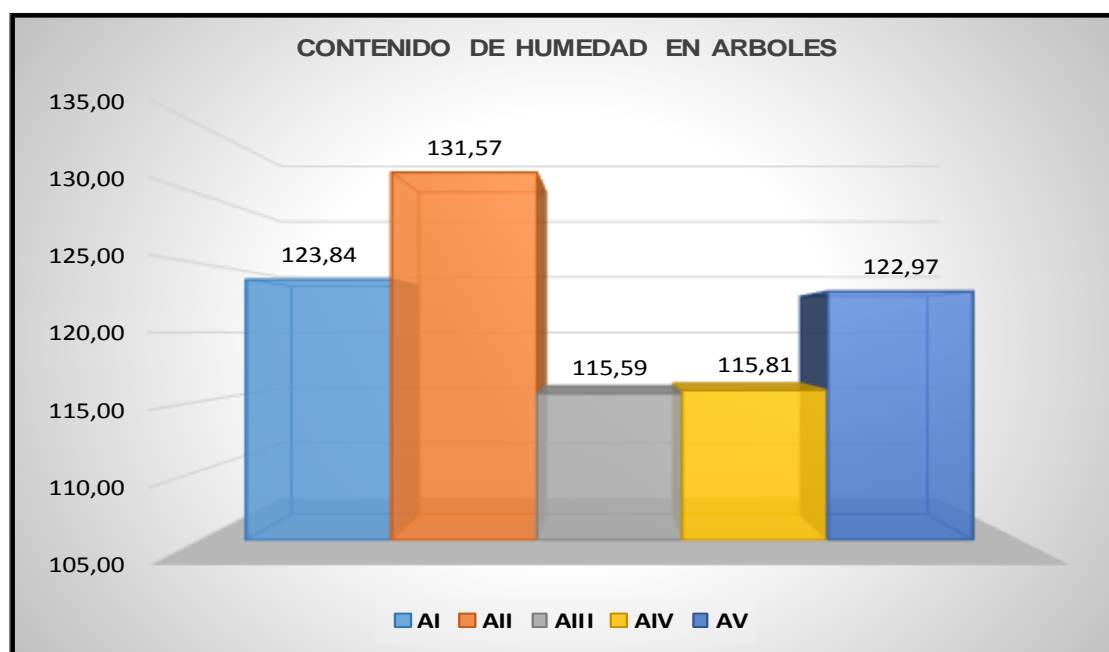
En ese entender que los arboles All, presento el promedio más alto de CH seguido por el árbol AI y AV respectivamente con la diferencia del árbol AIII

que presento un CH más bajo seguido por el árbol AIV. Por otro lado se demuestra que los arboles AIV y AV estadísticamente son iguales, al igual a los arboles AI y AII (Tabla 19)

Tabla 17. Contenido de humedad de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| Variable | Unidades | Datos de: | N° Datos | Promedio | Rango mínimo | Rango máximo | Coefficiente de Variación (%) | Desviación Estándar. |
|-----------------------|----------|-----------|----------|----------|--------------|--------------|-------------------------------|----------------------|
| Humedad | | | | | | | | |
| contenido humedad (%) | General | | 99 | 122,02 | 92,45 | 140,46 | 8,82 | 10,76 |
| | AI | | 20 | 123,84 | 116,95 | 130,99 | 3,54 | 4,38 |
| | AII | | 20 | 131,57 | 123,58 | 140,46 | 3,14 | 4,13 |
| | AIII | | 20 | 115,59 | 92,45 | 136,19 | 11,20 | 12,94 |
| | AIV | | 19 | 115,81 | 98,30 | 132,83 | 10,30 | 11,92 |
| | AV | | 20 | 122,97 | 110,88 | 138,91 | 7,08 | 8,71 |

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Contenido de humedad de la madera verde entre árboles.

Haciendo el análisis de varianza al 95 % de confiabilidad, se encontró que existe diferencias altamente significativas entre las medias de contenido de humedad de la madera de los árboles de Alco kaspí (Tabla 18), esto nos indica que esta variación puede estar relacionado a la variación genética de la especie, ya que los arboles tienen una edad de plantación y se desarrollaron en una misma parcela experimental.

Tabla 18. Análisis de varianza de CH de Alco kaspí por arboles

| Contenido Humedad (%) | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------|---------|---------------|--|
| Fuente de varianza | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Comparación de medias | F calculado | P valor | Significancia | |
| Entre grupos | 3 467,13 | 4 | 866,78 | 10,35 | 0,00 | * | |
| Dentro de grupos | 7 872,81 | 94 | 83,75 | | | | |
| Total | 11 339,94 | 98 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Comparación de medias de CH en arboles de Alco kaspí

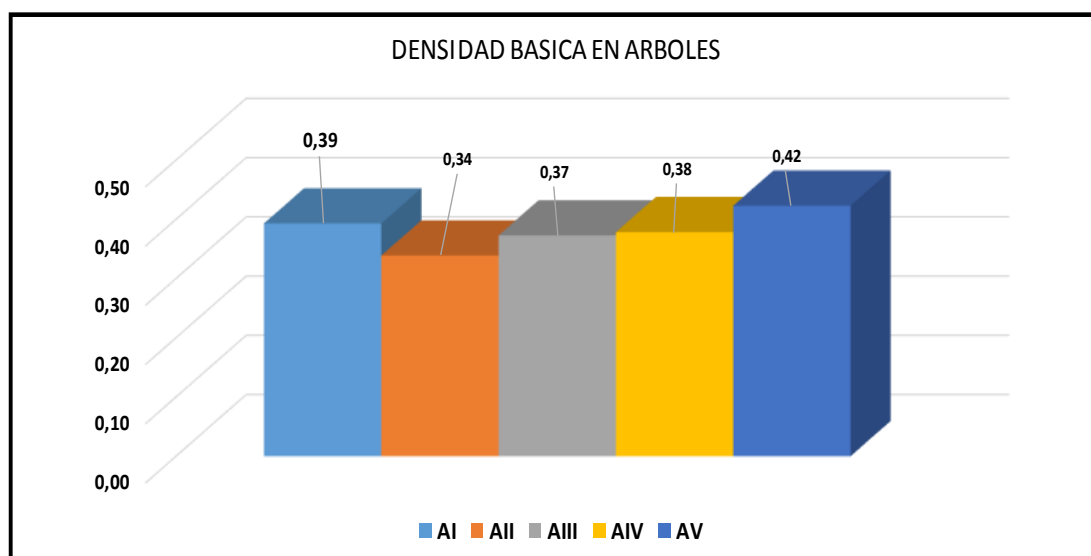
| Comparación de medias mediante la prueba de tukey de contenido humedad (%) | | | | |
|--|----------|------------------------------|--------|--------|
| Arboles | N° datos | Subconjunto para alfa = 0,05 | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| AIII | 20 | 115,59 | | |
| AIV | 19 | 115,81 | 115,81 | |
| AV | 20 | 122,97 | 122,97 | |
| AI | 20 | | 123,84 | 123,84 |
| All | 20 | | | 131,57 |
| Sig. | | 0,091 | 0,053 | 0,068 |

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Densidad de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

La madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa presenta una densidad básica (DB) promedio de 0,38 g/cm³, con una variación de DB mínima 0,32 g/cm³ a DB máxima de 0,46 g/cm³.

Kolman (1959) Detalla que a la densidad es la relación entre la masa de una probeta y su volumen, medidas ambas en las mismas condiciones de humedad en ese sentido, presenta una densidad anhidra (Da) de 0,43 g/cm³, con una variación de Da mínima de 0,35 g/cm³ a Da máxima de 0,52 g/cm³, asimismo presenta una densidad verde o saturada (Dv) de 0,84 g/cm³ con variación de Dv mínima de 0,74 g/cm³ a Dv máxima de 1,04 g/cm³ (Cuadro 19); en tal sentido se afirma lo estipulado por Simpson y Ten Wolde (1999) que la densidad no es un valor fijo por el contrario varía en un rango de 0,16 a 1,04 g/cm³ respectivamente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. DB por árbol de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

En la (Figuras 14) se muestran las comparaciones entre árboles de las variables de densidad básica, de la madera en donde existe una variación significativa en los promedios obtenidos.

Tabla 20. Densidad de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| Variable | Unidades | Datos de: | N° Datos evaluados | Promedio | Rango mínimo | Rango máximo | Coefficiente de Variación (%) | Desviación Estándar. |
|------------------|-------------------|-----------|--------------------|----------|--------------|--------------|-------------------------------|----------------------|
| Densidad | | | | | | | | |
| Verde o Saturada | g/cm ³ | General | 99 | 0,84 | 0,74 | 1,04 | 7,98 | 0,07 |
| | | AI | 20 | 0,88 | 0,84 | 0,92 | 2,37 | 0,02 |
| | | AII | 20 | 0,78 | 0,74 | 0,85 | 3,12 | 0,02 |
| | | AIII | 20 | 0,80 | 0,75 | 0,86 | 3,97 | 0,03 |
| | | AIV | 19 | 0,81 | 0,74 | 0,88 | 6,09 | 0,05 |
| | | AV | 20 | 0,94 | 0,91 | 1,04 | 3,28 | 0,03 |
| Anhidra | g/cm ³ | General | 99 | 0,43 | 0,35 | 0,52 | 10,32 | 0,04 |
| | | AI | 20 | 0,44 | 0,41 | 0,47 | 3,72 | 0,02 |
| | | AII | 20 | 0,38 | 0,35 | 0,41 | 4,00 | 0,02 |
| | | AIII | 20 | 0,42 | 0,37 | 0,46 | 8,43 | 0,03 |
| | | AIV | 19 | 0,42 | 0,36 | 0,50 | 11,56 | 0,05 |
| | | AV | 20 | 0,48 | 0,43 | 0,52 | 5,84 | 0,03 |
| Básica | g/cm ³ | General | 99 | 0,38 | 0,32 | 0,46 | 10,10 | 0,04 |
| | | AI | 20 | 0,39 | 0,37 | 0,42 | 3,93 | 0,02 |
| | | AII | 20 | 0,34 | 0,32 | 0,37 | 3,63 | 0,01 |
| | | AIII | 20 | 0,37 | 0,33 | 0,41 | 8,58 | 0,03 |
| | | AIV | 19 | 0,38 | 0,33 | 0,44 | 11,30 | 0,04 |
| | | AV | 20 | 0,42 | 0,38 | 0,46 | 5,58 | 0,02 |

Fuente: Elaboración propia.

Haciendo el análisis de varianza al 95 % de confiabilidad, se encontró que existe diferencias altamente significativas entre las medias de densidad básica entre los arboles de la madera de Alco kaspi (Tabla 21), esto nos indica que esta variación puede estar relacionado con lo que estipula Simpson y Tenwolde (1999) que la densidad de la madera no es un valor fijo, por el contrario varía en un rango de 0,16 a 1,04 g/cm³ que tal variación se debe a que la estructura anatómica, contenido de humedad y relación albura y duramen es diferente en cada especie.

Tabla 21. Análisis de varianza de DB de Alco kaspi por arboles

| DENSIDAD BÁSICA (g/cm ³) | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------|---------|---------------|--|
| Fuente de varianza | Suma de cuadrados | grados de libertad | comparación de medias | F calculado | P valor | significancia | |
| Entre grupos | 0,075 | 4 | 0,019 | 25,37 | 0,00 | * | |
| Dentro de grupos | 0,07 | 94 | 0,001 | | | | |
| Total | 0,145 | 98 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Comparación de medias de DB en arboles de Alco kaspi

| Comparación de medias mediante la prueba de tukey de Densidad Básica(g/cm ³) | | | | |
|--|----------|------------------------------|------|------|
| Arboles | N° datos | Subconjunto para alfa = 0,05 | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| A II | 20 | 0,34 | | |
| A III | 20 | | 0,37 | |
| A IV | 19 | | 0,38 | |
| A I | 20 | | 0,39 | |
| A V | 20 | | | 0,43 |
| Sig. | | 1 | 0,17 | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

En una comparación de medias a nivel de los árboles de Alco kaspi se presenta que los arboles AII, AIV y AI presentaron promedios estadísticamente iguales con la diferencia que el árbol AV un promedio más

alto y el árbol All presunto una densidad básica promedio más bajo de 0,33 g/cm³ (Tabla 22)

4.1.3 Contracciones de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

En la Figura 12 se presenta la comparación de contracción volumétrica entre los arboles de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa donde AI y AIV presentas los mismos resultados a diferencia del All y AV presentan una diferencia de 1,4%respectivamente.

Cuevas (2003) detalla que la dimensionalidad que experimenta la madera en el sentido tangencial, radial, longitudinal y volumétrico es cuando pierde humedad por debajo del punto de saturación de las fibras (PSF) en ese sentido la madera experimenta un adelgazamiento de las paredes celulares donde la contracción es proporcional al descenso de (CH).

En tal sentido la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa presenta una contracción volumétrica de 10,74 % con variación de un rango de 8,89 a 13,04 %, en el sentido tangencial presenta 9,07% con un rango de 2,57 a 11,81 % de variación, del mismo modo para contracción radial presenta 3,82 %en un rango de 0,89 a 10,25 % de variación, y por ultimo para contracción longitudinal de 2,40 %con rango de 0,25 a 6,85% de variación respectivamente.

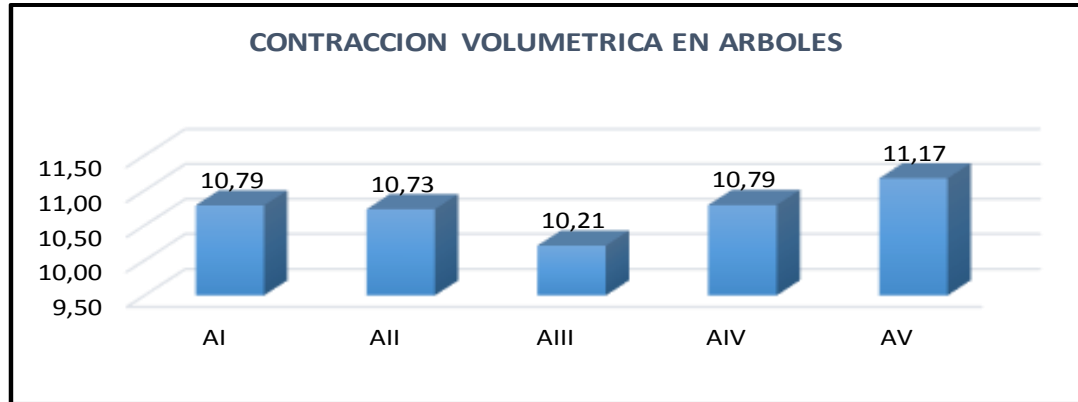
Haciendo el análisis de varianza al 95 % de confiabilidad, se encontró que existe diferencias altamente significativas entre las medias de contracción volumétrica entre los arboles de la madera de Alco kaspi (Tabla 24) esta variación de contracción volumétrica entre arboles seguramente está relacionada a la procedencia de las trozas dentro del fuste comercial de cada árbol muestral.

en la comparación de medias de contracción volumétrica (Tabla 25), los arboles AI, All y AIV estadísticamente presentaron promedios igualdad con la diferencia del árbol Alll que presento promedio más bajo y el árbol AV con el promedio alto de contracción volumétrica (figura 15).

Tabla 23. Contracción de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| Variable | Unidades | Datos de: | N° Datos evaluados | Promedio | Rango mínimo | Rango máximo | Coefficiente de Variación (%) | Desviación Estándar. |
|--------------|----------|-----------|--------------------|----------|--------------|--------------|-------------------------------|----------------------|
| Contracción | | | | | | | | |
| Volumétrica | (%) | General | 99 | 10,74 | 8,89 | 13,04 | 6,71 | 0,72 |
| | | AI | 20 | 10,79 | 9,68 | 12,36 | 5,89 | 0,64 |
| | | AII | 20 | 10,73 | 9,68 | 11,83 | 5,71 | 0,61 |
| | | AIII | 20 | 10,21 | 8,89 | 11,46 | 6,12 | 0,63 |
| | | AIV | 19 | 10,79 | 9,68 | 13,04 | 8,38 | 0,90 |
| | | AV | 20 | 11,17 | 10,00 | 10,00 | 4,38 | 0,49 |
| Tangencial | (%) | General | 99 | 9,07 | 2,57 | 11,81 | 14,72 | 1,34 |
| | | AI | 20 | 9,29 | 8,26 | 10,15 | 6,73 | 0,63 |
| | | AII | 20 | 8,38 | 5,03 | 10,33 | 15,32 | 1,28 |
| | | AIII | 20 | 9,05 | 5,74 | 11,81 | 19,61 | 1,78 |
| | | AIV | 19 | 8,98 | 2,57 | 10,09 | 18,14 | 1,63 |
| | | AV | 20 | 9,93 | 9,34 | 10,81 | 4,03 | 0,40 |
| Radial | (%) | General | 99 | 3,82 | 0,89 | 10,25 | 36,36 | 1,39 |
| | | AI | 20 | 3,71 | 2,88 | 4,87 | 15,79 | 0,59 |
| | | AII | 20 | 4,44 | 2,60 | 7,37 | 30,22 | 1,34 |
| | | AIII | 20 | 3,34 | 0,89 | 6,76 | 58,83 | 1,96 |
| | | AIV | 19 | 3,73 | 2,75 | 10,25 | 44,51 | 1,66 |
| | | AV | 20 | 3,60 | 2,79 | 4,90 | 15,52 | 0,56 |
| Longitudinal | (%) | General | 99 | 2,40 | 0,25 | 6,85 | 47,21 | 1,13 |
| | | AI | 20 | 1,67 | 0,26 | 3,28 | 51,29 | 0,85 |
| | | AII | 20 | 2,59 | 1,41 | 4,31 | 31,88 | 0,83 |
| | | AIII | 20 | 2,74 | 0,96 | 4,50 | 38,07 | 1,04 |
| | | AIV | 19 | 2,39 | 0,84 | 4,22 | 41,49 | 0,99 |
| | | AV | 20 | 2,59 | 0,25 | 6,85 | 59,79 | 1,55 |

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. CV por árbol de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

Tabla 24. Análisis de varianza de CV de *Alco kasp* por arboles

| Análisis de Varianza al 95 % de Contracción Volumétrica | | | | | | | |
|---|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------|---------|---------------|--|
| Fuente de varianza | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Comparación de medias | F calculado | P valor | Significancia | |
| Entre grupos | 9,44 | 4 | 2,36 | 5,35 | 0,001 | * | |
| Dentro de grupos | 41,48 | 94 | 0,441 | | | | |
| Total | 50,92 | 98 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Comparación de medias de CV en arboles de *Alco kasp*.

| Comparación de medias mediante la prueba de tukey de Contracción Volumétrica | | | |
|--|----------|------------------------------|-------|
| Arboles | N° datos | Subconjunto para alfa = 0,05 | |
| | | 1 | 2 |
| A III | 20 | 10,21 | |
| A II | 20 | 10,73 | 10,73 |
| A I | 20 | 10,79 | 10,79 |
| A IV | 19 | 10,79 | 10,79 |
| A V | 20 | | 11,17 |
| Sig. | | 0,06 | 0,232 |

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de varianza al 95 % de confiabilidad, se encontró que no existe diferencias altamente significativas entre las medias de contracción radial entre los arboles de la madera de Alco kaspi (Tabla 26), con este se demuestra que existe una cierta homogeneidad en la contracción radial en los árboles.

Tabla 26. Análisis de varianza de Cr de Alco kaspi por árboles.

| Análisis de varianza al 95 % de contracción radial (%) | | | | | | | |
|--|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------|---------|---------------|--|
| Fuente de varianza | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Comparación de medias | F calculado | P valor | significancia | |
| Entre grupos | 15,43 | 4 | 3,86 | 2,09 | 0,088 | | |
| Dentro de grupos | 173,59 | 94 | 1,85 | | | | |
| Total | 189,02 | 98 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

La contracción tangencial entre arboles no muestra diferencias significativas haciendo un análisis de varianza por ende se muestra unas tendencia de homogeneidad de contracción tangencial (Tabla 27).

Tabla 27. Análisis de varianza de Ctg de Alco kaspi por árboles.

| Análisis de varianza al 95 % de contracción tangencial (%) | | | | | | | |
|--|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------|---------------|---------------|--|
| Fuente de varianza | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Comparación de medias | F calculado | F tabulado 5% | F tabulado 1% | |
| Entre grupos | 23,84 | 4 | 5,96 | 3,71 | 0,008 | | |
| Dentro de grupos | 150,89 | 94 | 1,61 | | | | |
| Total | 174,72 | 98 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Comparación de medias de CTg en árboles de Alco kaspi

| Comparación de medias mediante la prueba de tukey de contracción tangencial (%) | | | |
|---|----------|------------------------------|------|
| Arboles | N° datos | Subconjunto para alfa = 0,05 | |
| | | 1 | 2 |
| A II | 20 | 8,27 | |
| A IV | 19 | 8,94 | 8,94 |
| A III | 20 | 9,05 | 9,05 |
| A I | 20 | 9,29 | 9,29 |
| A V | 20 | | 9,79 |
| Sig. | | 0,1 | 0,23 |

Fuente: Elaboración propia.

Haciendo una prueba de comparación de medias entre árboles para contracción longitudinal se evidencia que los arboles AIV, AIII y AI muestran más igualdad que los arboles AV y AII esto se debería a la distribución de las trozas muestrales que extrajo (Tabla 28).

Tabla 29. Análisis de varianza de Clg de Alco kaspi por arboles

| Análisis de varianza al 95 % de contracción longitudinal (%) | | | | | | |
|--|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------|---------------|---------------|
| Fuente de varianza | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Comparación de medias | F calculado | F tabulado 5% | F tabulado 1% |
| Entre grupos | 14,59 | 4 | 3,65 | 3,09 | 0,019 | |
| Dentro de grupos | 110,86 | 94 | 1,18 | | | |
| Total | 125,44 | 98 | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de varianza entre árboles de contracción longitudinal de Alco kaspi al 0,5% de confiabilidad se demuestra que existe diferencias en las medias de contracción longitudinal de los arboles muestrales (Tabla 29), esto se debería al procedencia de las trozas del fuste comercial.

Tabla 30. Comparación de medias de C Lg en arboles de Alco kaspi.

| Comparación de medias mediante la prueba de tukey de contracción longitudinal (%) | | | |
|---|----------|------------------------------|-------|
| Arboles | N° datos | Subconjunto para alfa = 0,05 | |
| | | 1 | 2 |
| A I | 20 | 1,67 | |
| A IV | 19 | 2,37 | 2,37 |
| A V | 20 | 2,59 | 2,59 |
| A II | 20 | 2,59 | 2,59 |
| A III | 20 | | 2,74 |
| Sig. | | 0,064 | 0,841 |

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Índice de estabilidad de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

La madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa presenta un índice de estabilidad de 9,07 con un rango de 2,57 a 11,81 de variación (Tabla 31), en la (Figura 16) se observa la comparación entre árboles, donde el mayor inestabilidad presento el AII de 3,85 con la diferencia de AII con 2,11 respectivamente.

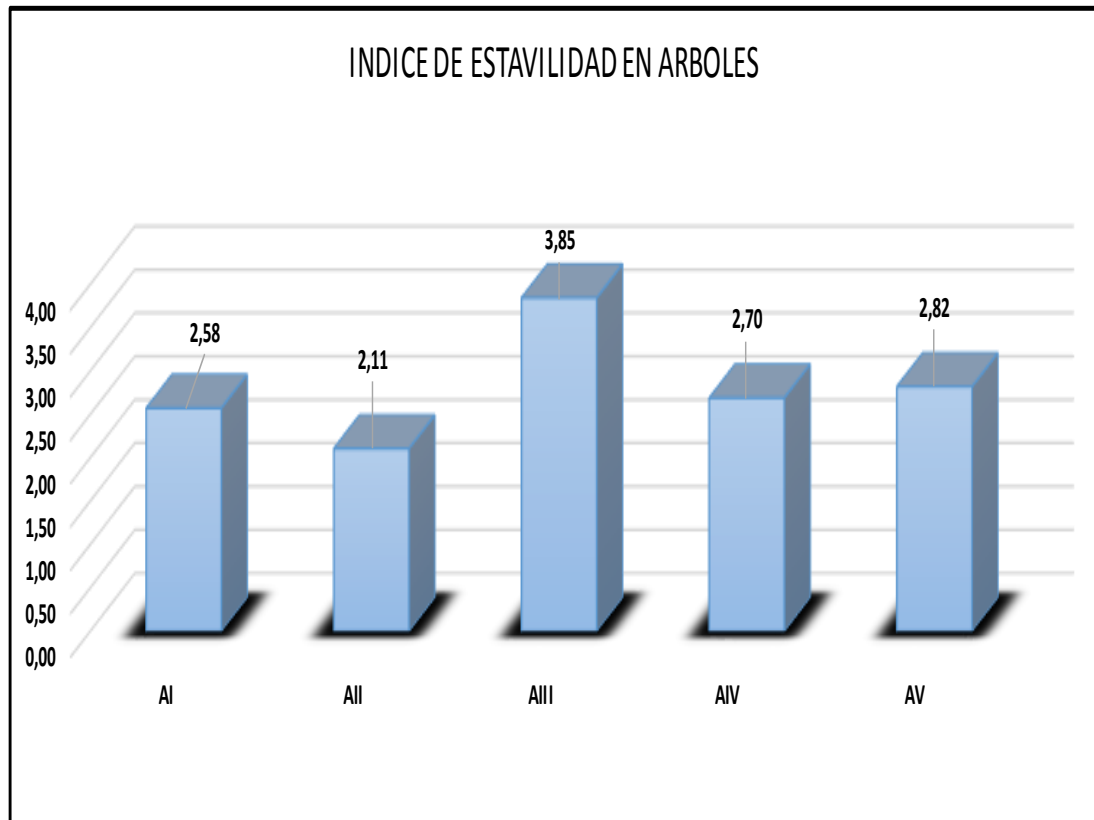
Estos resultados se corroboran lo establecido por (Cuevas 2003) que a medida que va perdiendo humedad la madera en forma proporcional la celulosa y las fibras llegan a aproximarse entre ellas logrando así la reducción de las dimensiones del volumen de la madera,

Por ende es una de las características más indeseables de la madera y es la responsable en gran medida, de los inconvenientes y dificultades que se encuentran con ella en la construcción (Pérez 1983).

Tabla 31. Índice de estabilidad de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| Variable | Datos de: | N° Datos evaluados | Promedio | Rango mínimo | Rango máximo | Coefficiente de Variación (%) | Desviación Estándar. |
|---|-----------|--------------------|----------|--------------|--------------|-------------------------------|----------------------|
| Índice de estabilidad | | | | | | | |
| | General | 99 | 9,07 | 2,57 | 11,81 | 14,72 | 1,34 |
| Contracción tangencial / Contracción radial | AI | 20 | 2,58 | 1,77 | 3,25 | 19,32 | 0,50 |
| | AII | 20 | 2,11 | 0,73 | 3,60 | 39,05 | 0,82 |
| | AIII | 20 | 3,85 | 0,91 | 13,33 | 71,83 | 2,76 |
| | AIV | 19 | 2,70 | 0,25 | 3,46 | 26,66 | 0,72 |
| | AV | 20 | 2,82 | 2,06 | 3,78 | 16,44 | 0,46 |

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Índice de estabilidad de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

Tabla 32. Análisis de varianza de índice de estabilidad por árboles.

| Análisis de varianza al 95 % de Índice de estabilidad | | | | | | |
|---|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------|---------|---------------|
| Fuente de varianza | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Comparación de medias | F calculado | P valor | significancia |
| Entre grupos | 35,58 | 4 | 8,90 | 4,74 | 0,002 | * |
| Dentro de grupos | 176,48 | 94 | 1,88 | | | |
| Total | 212,06 | 98 | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de varianza de las medias del índice de estabilidad de Alco kaspi (Tabla 32) se demuestra que existen diferencias significativas al 0,5% de confiabilidad, esto por la procedencia de las trozas muestrales del fuste comercial de cada árbol muestral.

Tabla 33. Comparación de medias de índice de estabilidad entre árboles.

| Comparación de medias mediante la prueba de tukey de Índice de estabilidad | | | |
|--|----------|------------------------------|------|
| Arboles | N° datos | Subconjunto para alfa = 0,05 | |
| | | 1 | 2 |
| A II | 20 | 2,02 | |
| A I | 20 | 2,58 | |
| A IV | 19 | 2,66 | 2,66 |
| A V | 20 | 2,73 | 2,73 |
| A III | 20 | | 3,85 |
| Sig. | | 0,486 | 0,06 |

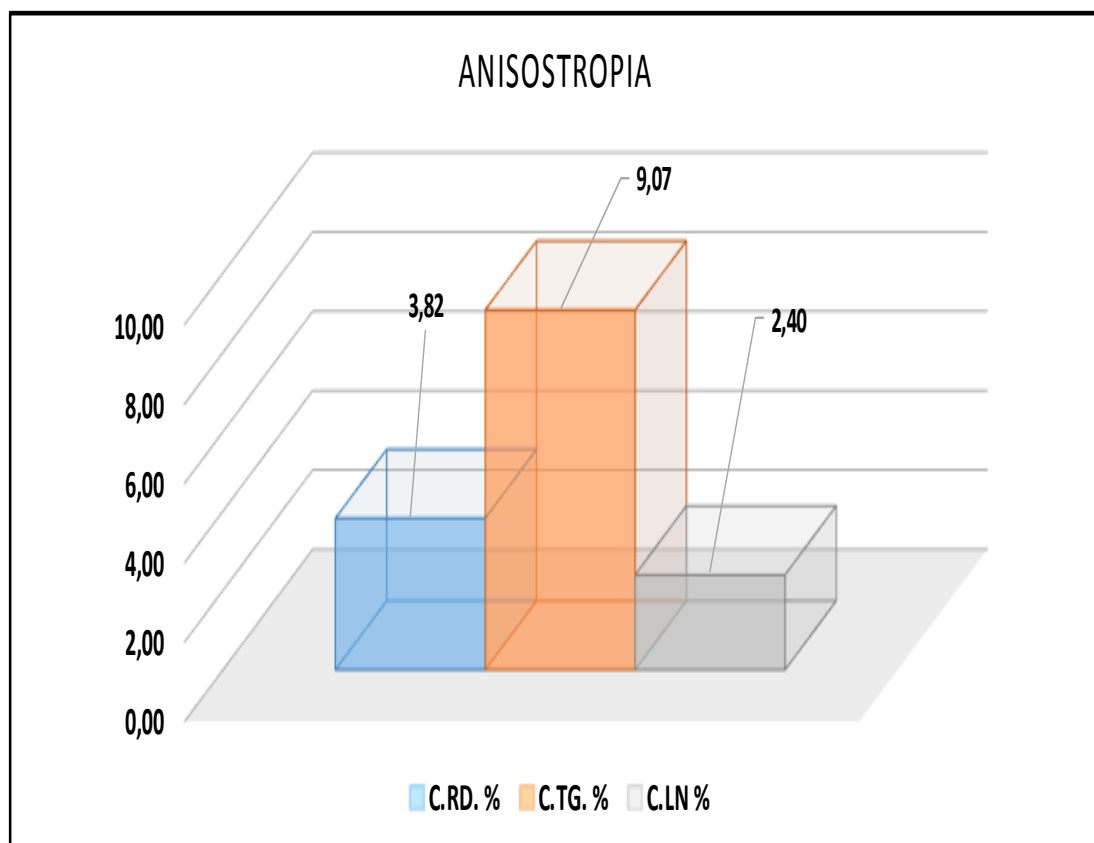
Fuente: Elaboración propia.

Haciendo una comparación de medias de índice de estabilidad de la madera de Alco kaspi se observa que los árboles AII y AI presentan más homogeneidad que los árboles AIV y AV, a diferencia que el árbol AIII presentó un índice de estabilidad más alto (Tabla 33).

4.1.5. Anisotropía de madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

La madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) presenta una anisotropía bastante diferenciado con respecto a la dirección de los cortes así como mencionan Arroyo (1983), wright (1992) y Rosales (2015).

Se observa que mayor contracción en el sentido tangencial a los anillos de crecimiento, menor contracción en el sentido perpendicular a los anillos (sentido radial) y una mínima contracción en el sentido de paralelo a las fibras (paralelo al eje del árbol); esto debido a que la densidad aparente baja la que nos indica que tiene una inestabilidad considerable en el proceso de secado y podría presentarse torceduras y colapsos (Figura 17).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Anisotropía de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

4.2. Propiedades mecánicas

En las (Tabla 34 al 40) se presentan los resultados de los ensayos de propiedades mecánicas de la madera de *Vochysia kosnipatae* huamantupa, donde se detallan el contenido de humedad de cada uno de los ensayos mecánicos al igual los rangos mínimos y máximos por ensayo, desviación estándar así como el coeficiente de variación,

4.2.1. Flexión estática de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

Para flexión estática (Tabla 34) de la madera de *Vochysia kosnipatae* huamantupa en el esfuerzo al límite proporcional (ELP) presenta, 759,42 kg/cm² con un rango de 527,09 a 998,40 kg/cm² de variación y con coeficiente de variación de 16,73 %.

Consiguientemente para módulo de ruptura (MOR) fue 528,38 kg/cm² con variación que abarca entre los rangos de 368,96 a 708,71 kg/cm² y coeficiente de variación de 14,17 %.

Del mismo modo para módulo de elasticidad (MOE) presento 31,47 kg/cm² con un rango de 18,96 a 45,84 kg/cm² de variación y su coeficiente de variación de 21,15 % respectivamente.

En ese entender se concuerda con lo afirmado por Días y Cuevas (1982) y Kolman (1959) que las maderas de DB media a baja son más elásticas y menos resistentes que de DB altas.

Los valores de MOR y MOE obtenidos son menores que los valores reportados de propiedades mecánicas de las especies de *Vochysia vismiifolia* Spruce, *Erisma uncinatum* Warm y *Vochysia ferruginia* (Delgado, 2013).

Tabla 34. Flexión estática de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| FLEXIÓN ESTÁTICA | | | | | |
|---------------------------|----------|----|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Variables | Árbol | CH | ELP (kg/cm ²) | MOR (kg/cm ²) | MOE (kg/cm ²) |
| Promedio | | | 759,42 | 528,38 | 31,47 |
| Desviación estándar | Promedio | | 127,05 | 74,87 | 6,66 |
| Rango mínimo | | | 527,09 | 368,96 | 18,96 |
| Rango máximo | | | 998,40 | 708,71 | 45,84 |
| Coefficiente de Variación | | | 16,73 | 14,17 | 21,15 |
| Promedio | | | | 713,11 | 498,65 |
| Desviación estándar | AI | | 116,05 | 57,93 | 5,99 |
| Rango mínimo | | | 551,89 | 368,96 | 21,74 |
| Rango máximo | | | 16 140,67 | 5 605,09 | 45,84 |
| Coefficiente de Variación | | | 16,27 | 11,62 | 19,61 |
| Promedio | | | | 805,39 | 525,58 |
| Desviación estándar | AII | | 125,18 | 43,60 | 10,09 |
| Rango mínimo | | | 637,89 | 478,70 | 18,96 |
| Rango máximo | | | 953,89 | 580,57 | 45,84 |
| Coefficiente de Variación | | | 15,54 | 8,30 | 29,35 |
| Promedio | | | | 799,30 | 561,30 |
| Desviación estándar | AIII | | 178,44 | 102,52 | 6,95 |
| Rango mínimo | | | 527,09 | 398,56 | 19,01 |
| Rango máximo | | | 980,79 | 691,24 | 41,40 |
| Coefficiente de Variación | | | 22,32 | 18,26 | 21,93 |
| Promedio | | | | 732,76 | 513,47 |
| Desviación estándar | AIV | | 94,23 | 50,52 | 4,52 |
| Rango mínimo | | | 617,26 | 461,32 | 23,68 |
| Rango máximo | | | 926,10 | 607,33 | 36,39 |
| Coefficiente de Variación | | | 12,86 | 9,84 | 15,59 |
| Promedio | | | | 799,52 | 569,20 |
| Desviación estándar | AV | | 123,65 | 103,34 | 7,29 |
| Rango mínimo | | | 668,88 | 409,57 | 22,56 |
| Rango máximo | | | 998,40 | 708,71 | 45,03 |
| Coefficiente de Variación | | | 15,47 | 18,16 | 21,28 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Compresión perpendicular al grano

La compresión perpendicular al grano que presento la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa se detalla en el (Tabla 35), donde el ELP es de 27,91 kg/cm² con una variación de 19,69 a 41,07 kg/cm² de rango respectivamente.

En cuanto a la comparación entre arboles de AII Y AIII presentan los mismos valores con una variación mínima de 0,17 kg/cm², consiguientemente Al presento una resistencia a la compresión mayor de 31,66 kg/cm² seguido por AV 30,94 kg/cm² y finalmente AIV presento 23,09 kg/cm² respectivamente.

Tabla 35. Compresión perpendicular al grano.

| COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO | | | | |
|---|---------|---------------------------|-------|---------------------------|
| VARIABLES | Árbol | ELP (kg/cm ²) | Árbol | ELP (kg/cm ²) |
| Promedio | General | 27,91 | AIII | 25,22 |
| Desviación estándar | | 4,85 | | 4,91 |
| Rango mínimo | | 19,69 | | 20,5 |
| Rango máximo | | 41,07 | | 31,72 |
| Coefficiente de Variación | | 17,37 | | 19,46 |
| Promedio | AI | 31,66 | AIV | 23,09 |
| Varianza | | 18,3 | | 1,29 |
| Desviación estándar | | 4,28 | | 1,13 |
| Rango mínimo | | 28,95 | | 21,93 |
| Rango máximo | | 41,07 | | 24,59 |
| Coefficiente de Variación | AII | 13,51 | AV | 4,92 |
| Promedio | | 25,05 | | 30,94 |
| Desviación estándar | | 3,55 | | 2,66 |
| Rango mínimo | | 19,69 | | 28,38 |
| Rango máximo | | 28,38 | | 34,52 |
| Coefficiente de | | 14,16 | | 8,59 |
| Contenido de Humedad del ensayo 24,56 % | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Cizallamiento de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

La madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa presentó una resistencia al cizallamiento de 56,70 kg/cm² y su aviación tiende de 33,03 a 0,65 kg/cm², del mismo modo presenta valores en el corte radial de 54,53 kg/cm² con una variación similar al de valores generales y en el corte tangencial presenta una

resistencia al cizallamiento de 58,58 kg/cm² con una variación de 36,11 a 79,95 kg/cm². Con respecto a los resultados entre arboles AII presentó el valor mayor de resistencia al cizallamiento de 62,42 kg/cm² seguido por AV con 60,77 kg/cm² finalmente el menor resistencia al cizallamiento presento AIV con 52,48 kg/cm² respectivamente (Tabla 36).

Tabla 36. Cizallamiento de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO (kg/cm ²) | | | | | |
|--|---------|---------|--------|------------|-------|
| Variables | CH | General | Radial | Tangencial | AI |
| Promedio | | 56,70 | 54,53 | 58,58 | 53,00 |
| Desviación estándar | | 11,47 | 13,54 | 9,16 | 12,60 |
| Rango mínimo | | 33,03 | 33,03 | 36,11 | 36,11 |
| Rango máximo | | 80,65 | 80,65 | 79,95 | 74,79 |
| Coeficiente de Variación | | 20,24 | 24,83 | 15,63 | 23,77 |
| Variables | 22,46 % | AII | AIII | AIV | AV |
| Promedio | | 55,15 | 62,42 | 52,48 | 60,77 |
| Desviación estándar | | 13,96 | 10,42 | 10,39 | 6,36 |
| Rango mínimo | | 33,39 | 42,36 | 33,03 | 48,58 |
| Rango máximo | | 79,95 | 80,65 | 66,24 | 67,89 |
| Coeficiente de Variación | | 25,32 | | 19,79 | 10,46 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Dureza de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

La madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa presenta una dureza de 233,70 kg/cm², en el corte tangencial presenta 203,91 kg/cm², del mismo modo en el corte radial 191,66 kg/cm² consiguientemente en los extremos 305,52 kg/cm² respectivamente (Tabla 37).

Tabla 37. Dureza de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| DUREZA | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|---------|------------|--------|---------|
| Variables | Unidad | General | Tangencial | Radial | Extremo |
| CH 27,81 % | | | | | |
| Promedio | | 233,70 | 203,91 | 191,66 | 305,52 |
| Desviación estándar | Dureza (kg/cm ²) General | 40,38 | 44,64 | 50,59 | 42,44 |
| Rango mínimo | | 169,80 | 106,69 | 125,08 | 240,17 |
| Rango máximo | | 344,59 | 335,51 | 357,98 | 362,29 |
| Coefficiente de Variación | | 17,28 | 21,89 | 26,40 | 13,89 |
| Promedio | | 251,73 | 222,27 | 200,33 | 332,59 |
| Desviación estándar | Dureza (kg/cm ²) AI | 5,87 | 21,02 | 9,87 | 6,57 |
| Rango mínimo | | 245,08 | 189,55 | 185,01 | 321,89 |
| Rango máximo | | 262,26 | 249,47 | 209,52 | 339,59 |
| Coefficiente de Variación | | 2,33 | 9,46 | 4,93 | 1,97 |
| Promedio | | 209,60 | 196,39 | 161,06 | 271,34 |
| Desviación estándar | Dureza (kg/cm ²) AII | 24,87 | 29,67 | 15,71 | 35,68 |
| Rango mínimo | | 192,12 | 164,58 | 136,20 | 244,03 |
| Rango máximo | | 258,63 | 250,61 | 182,96 | 342,32 |
| Coefficiente de Variación | | 11,87 | 15,11 | 9,75 | 13,15 |
| Promedio | | 257,32 | 227,91 | 196,01 | 348,05 |
| Desviación estándar | Dureza (kg/cm ²) AIII | 11,07 | 18,25 | 6,55 | 14,35 |
| Rango mínimo | | 241,07 | 202,26 | 188,86 | 328,47 |
| Rango máximo | | 264,76 | 241,30 | 203,39 | 362,29 |
| Coefficiente de Variación | | 4,30 | 8,01 | 3,34 | 4,12 |
| Promedio | | 183,31 | 159,22 | 139,74 | 250,97 |
| Desviación estándar | Dureza (kg/cm ²) AIV | 8,86 | 13,06 | 13,77 | 16,31 |
| Rango mínimo | | 169,80 | 144,15 | 125,08 | 240,17 |
| Rango máximo | | 194,01 | 173,88 | 155,72 | 278,98 |
| Coefficiente de Variación | | 4,83 | 8,20 | 9,86 | 6,50 |
| Promedio | | 266,01 | 214,33 | 253,98 | 329,72 |
| Desviación estándar | Dureza (kg/cm ²) AV | 48,64 | 75,12 | 64,84 | 17,56 |
| Rango mínimo | | 206,49 | 106,69 | 193,40 | 300,09 |
| Rango máximo | | 344,59 | 335,51 | 357,98 | 347,31 |
| Coefficiente de Variación | | 18,28 | 35,05 | 25,53 | 5,33 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Tenacidad de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

La madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa presenta una tenacidad de 80,95 kg/cm, del mismo modo en el corte tangencial presenta 65,37 kg/cm y en el corte radial presente 7,27 kg/cm.

Consiguientemente en el AI presento el valor más alto de tenacidad de 123,49 kg/cm seguido por el AII con 103,60 kg/cm y finalmente AV 54,02 kg/cm con el menor valor (Tabla 38).

Tabla 38. Tenacidad de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| TENACIDAD (k-m) | | | | |
|---------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| Variable | Árbol | Resultado | Árbol | Resultado |
| Promedio | | 80,95 | | 103,60 |
| Desviación estándar | General | 48,03 | AII | 47,54 |
| Rango mínimo | | 2,10 | | 42,40 |
| Rango máximo | | 265,30 | | 162,20 |
| Coefficiente de Variación | | 59,34 | | 45,89 |
| Promedio | | 87,27 | | 69,68 |
| Desviación estándar | Radial | 46,30 | AIII | 44,69 |
| Rango mínimo | | 2,10 | | 2,10 |
| Rango máximo | | 174,10 | | 136,70 |
| Coefficiente de Variación | | 53,06 | | 64,13 |
| Promedio | | 65,37 | | 79,25 |
| Desviación estándar | Tangencial | 34,36 | AIV | 41,56 |
| Rango mínimo | | 10,70 | | 10,70 |
| Rango máximo | | 162,20 | | 174,10 |
| Coefficiente de Variación | | 52,57 | | 52,44 |
| Promedio | | 123,49 | | 54,02 |
| Desviación estándar | AI | 61,96 | AV | 20,43 |
| Rango mínimo | | 50,60 | | 21,40 |
| Rango máximo | | 265,30 | | 77,90 |
| Coefficiente de Variación | | 50,18 | | 37,83 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. Clivaje de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

La resistencia al clivaje se presenta en el (Tabla 39) de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa con un valor de 29,46 kg/cm², seguidamente en el corte tangencial con 33,70 kg/cm², al igual que en el corte radial de 24,82

kg/cm², y entre los arboles presento All el mayor resistencia al clavaje de 33,68 kg/cm² respectivamente.

Tabla 39. Resistencia al clavaje de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| RESISTENCIA AL CLIVAGE | | | | |
|---------------------------|------------|-----------------------|-------|-----------------------|
| Variable | Árbol | (kg/cm ²) | Árbol | (kg/cm ²) |
| Promedio | General | 29,46 | All | 33,68 |
| Desviación estándar | | 8,90 | | 8,83 |
| Rango mínimo | | 18,00 | | 18,28 |
| Rango máximo | | 45,03 | | 42,59 |
| Coefficiente de Variación | | 30,21 | | 26,22 |
| Promedio | Tangencial | 33,70 | AIII | 26,56 |
| Desviación estándar | | 9,00 | | 6,50 |
| Rango mínimo | | 18,47 | | 18,47 |
| Rango máximo | | 45,03 | | 40,52 |
| Coefficiente de Variación | | 26,69 | | 24,47 |
| Promedio | Radial | 24,82 | AIV | 27,87 |
| Desviación estándar | | 6,17 | | 7,97 |
| Rango mínimo | | 18,00 | | 18,69 |
| Rango máximo | | 40,52 | | 39,16 |
| Coefficiente de Variación | | 24,85 | | 28,61 |
| Promedio | AI | 26,51 | AV | 32,95 |
| Desviación estándar | | 8,48 | | 11,02 |
| Rango mínimo | | 19,29 | | 18,00 |
| Rango máximo | | 45,02 | | 45,03 |
| Coefficiente de Variación | | 31,98 | | 33,43 |

CH 23,40 %

Fuente: Elaboración propia.

4.2.7. Extracción de clavos de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

La resistencia a la extracción de clavos de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa se presenta en el (Tabla 40) con un valor general de 65,17 kg/cm² consiguientemente la mayor resistencia registro en el corte tangencial con

71,77kg/cm², seguido por el corte radial con 63,58 kg/cm² y por último en los extremos con 55,14 kg/cm²).

Tabla 40. Extracción de clavos de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| EXTRACCIÓN DE CLAVOS (kg/cm ²) | | | | | |
|--|---------|-------|--------|------------|----------|
| Variable | Árbol | Media | Radial | Tangencial | Extremos |
| CH 24,72 % | | | | | |
| Promedio | | 65,17 | 63,58 | 71,77 | 55,14 |
| Desviación estándar | General | 13,59 | 16,04 | 14,80 | 9,80 |
| Rango mínimo | | 45,17 | 39,61 | 50,51 | 44,49 |
| Rango máximo | | 93,07 | 97,61 | 103,06 | 79,68 |
| Coficiente de Variación | | 20,86 | 25,22 | 20,62 | 17,77 |
| Promedio | | 69,61 | 66,21 | 77,88 | 59,89 |
| Desviación estándar | AI | 9,20 | 6,78 | 14,93 | 6,81 |
| Rango mínimo | | 61,06 | 57,77 | 59,59 | 54,48 |
| Rango máximo | | 86,71 | 77,75 | 103,06 | 71,96 |
| Coficiente de Variación | | 13,21 | 10,24 | 19,17 | 11,36 |
| Promedio | | 60,53 | 59,59 | 65,15 | 53,19 |
| Desviación estándar | AII | 11,21 | 13,15 | 10,19 | 13,41 |
| Rango mínimo | | 51,98 | 47,22 | 53,00 | 44,49 |
| Rango máximo | | 78,77 | 80,93 | 78,32 | 79,68 |
| Coficiente de Variación | | 18,51 | 22,07 | 15,64 | 25,20 |
| Promedio | | 58,09 | 56,01 | 64,81 | 48,81 |
| Desviación estándar | AIII | 7,40 | 12,39 | 5,15 | 4,08 |
| Rango mínimo | | 54,07 | 46,99 | 60,38 | 45,85 |
| Rango máximo | | 69,19 | 74,34 | 71,28 | 54,71 |
| Coficiente de Variación | | 12,75 | 22,13 | 7,95 | 8,36 |
| Promedio | | 50,35 | 45,90 | 57,00 | 45,94 |
| Desviación estándar | AIV | 3,87 | 4,24 | 6,27 | 1,78 |
| Rango mínimo | | 45,17 | 39,61 | 50,51 | 44,49 |
| Rango máximo | | 55,84 | 49,71 | 67,31 | 49,03 |
| Coficiente de Variación | | 7,69 | 9,24 | 11,00 | 3,87 |
| Promedio | | 82,42 | 84,73 | 89,21 | 64,20 |
| Desviación estándar | AV | 6,30 | 9,46 | 6,76 | 3,73 |
| Rango mínimo | | 74,82 | 69,58 | 82,86 | 59,02 |
| Rango máximo | | 93,07 | 97,61 | 100,22 | 69,69 |
| Coficiente de Variación | | 7,65 | 11,17 | 7,58 | 5,81 |

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Descripción de las características anatómicas

4.3.1. Características generales u organolépticas

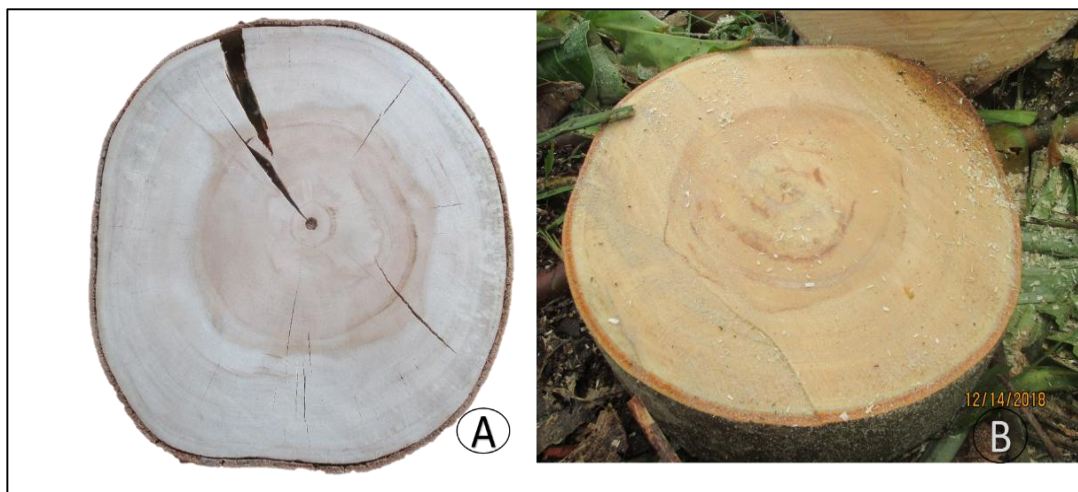
Las Características organolépticas en condición seca al aire se presentan en el (Tabla 41)

En ese sentido existe diferenciación entre albura y duramen; color de duramen crema rosado 5YR 8/4 y albura de color crema blanquecino 5YR 8/4.

Los anillos de crecimiento ligeramente diferenciados por bandas claras (Figura 18). Con olor no distintivo, sabor no distintivo, resistencia al corte con clasificación blanda, tipo de grano recto (figura 20), textura media y brillo elevado.

Los veteados en arcos superpuestos causado por los anillos de crecimiento poco diferenciados en corte tangencial y jaspeado en el corte radial.

En tal sentido se concuerda con Arostegui (1982) al afirmar que las características anatómicas determinan el comportamiento y resistencia de una madera.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Sección transversal seca y fresca de Alca kaspi.

Tabla 41. Características organolépticas de Alco kaspi.

| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | Especie | |
| X | Diferenciado entre albura y duramen. | |
| X | Anillos de crecimiento diferenciados. | |
| | Amarillo | |
| | Blanco | |
| X | Crema | Color |
| | Pardo | |
| | Marón | |
| | Distintivo | |
| X | No Distintivo | Olor |
| | Distintivo | |
| X | No Distintivo | Sabor |
| | Dura | |
| X | Blanda | Resistencia al corte |
| X | Recto | |
| | Entrecruzado | |
| | Oblicuo | |
| | Ondulado | |
| X | Alto | |
| | Medio | Brillo |
| | Bajo | |
| | Gruesa | |
| X | Media | Textura |
| | Fina | |
| | Arcos Superpuestos | |
| X | Jaspeado | Veteado |
| | Satinado | |
| | Bandas paralelas | |

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Características macroscópicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

Las características macroscópicas de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Tabla 42) presentan una porosidad difusa con arreglo diagonal y radial, con visibilidad ligera a simple vista, mayormente solitarios y escasamente agrupados de 2 y 4, con forma redonda y tamaños medianos, con presencia de gomas poco frecuentes este último en condición verde. Las parénquimas poco visible a simple vista con apotraquial difusa y paratraquial aliforme confluyente, en bandas delgadas. Los radios visibles con lupa de 10x no estratificados. Las líneas vasculares irregulares con gomas de color crema blanquecino, con contraste en la sección radial (Figura 19).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Corte tangencial y radial de *Alco kaspici*.

Tabla 42. Características macroscópicas de *Alco kaspi*.

| CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS | | |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------|
| <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | Especie | |
| | Visibles a Simple Vista | |
| X | Ligeramente Visibles | Visible |
| | Visibles Con lupa de 10X | |
| X | Solitarios | |
| | Multi Radiales | Tipo |
| | Agrupados o Aglomerados | |
| | Porosidad Circular | Forma |
| X | Porosidad Difusa | |
| X | Goma | |
| | Tilosis | Inclusiones |
| | Sílice | |
| X | Visibles a Simple Vista | Visible |
| | visibles Con lupa de 10X | |
| X | Difusa | Apotraquial |
| | Difusa Agregado | |
| | Vasicentrico | |
| | Aliforme | Paratraqueal |
| X | Aliforme Confluente | |
| X | Delgadas | |
| | Anchas | |
| | Marginal | En Bandas |
| | Reticulado | |
| | Escaleriforme | |
| | Visibles a Simple Vista | |
| X | visibles Con lupa de 10X | Visible |
| | Estratificados | |

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20 Grano de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

4.3.3. Características microscópicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

Las características microscópicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa se presentan en el (Tabla 43). Donde resalta de la presencia de vasos de 4 vasos/mm² (Figura 23), con disposición de los radios con contorno circular a oval. La longitud de vasos de 250,81 μm con presencia de apéndices en los extremos en forma variada (Figura 22); el diámetro tangencial de los vasos de 193,35 μm ; fibras de forma libriformes con longitud de 1 165,90 μm ; diámetro de las fibras 32,08 μm ; diámetro del lumen de 23,90 μm ; espesor de pared de las fibras de 4,09 μm (Figura 22).

Presencia de los radios cerca de 27,39 en mm², con cinco células en el ancho y 44 células en el alto; sin inclusiones minerales.

Tabla 43. Ficha biométrica de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| Variable | Unidades | Árbol | N° Datos evaluados | Promedio | Rango mínimo | Rango máximo | Coefficiente Variación (%) | Desviación Estándar |
|--|----------|-------|--------------------|----------|--------------|--------------|----------------------------|---------------------|
| diámetro del lumen de las (μm) | General | | 125 | 23,90 | 15,09 | 36,97 | 21,62 | 5,17 |
| | AI | | 25 | 24,82 | 15,65 | 32,63 | 18,02 | 4,47 |
| | AII | | 25 | 25,49 | 15,23 | 33,09 | 17,09 | 4,36 |
| | AIII | | 25 | 24,05 | 16,43 | 36,97 | 23,55 | 5,66 |
| | AIV | | 25 | 20,88 | 15,09 | 28,40 | 17,48 | 3,65 |
| | AV | | 25 | 24,27 | 15,92 | 35,69 | 26,21 | 6,36 |
| Espesor pared fibra (μm) | General | | 125 | 4,09 | 2,80 | 6,32 | 17,90 | 0,73 |
| | AI | | 25 | 3,84 | 2,97 | 5,22 | 14,26 | 0,55 |
| | AII | | 25 | 3,84 | 2,88 | 4,94 | 16,15 | 0,62 |
| | AIII | | 25 | 4,29 | 3,24 | 5,99 | 18,04 | 0,77 |
| | AIV | | 25 | 3,89 | 2,80 | 6,32 | 22,72 | 0,88 |
| | AV | | 25 | 4,59 | 3,88 | 5,49 | 10,44 | 0,48 |
| Longitud vasos (μm) | General | | 125 | 250,81 | 82,55 | 451,90 | 31,70 | 79,50 |
| | AI | | 25 | 246,26 | 100,57 | 430,45 | 35,63 | 87,74 |
| | AII | | 25 | 254,87 | 137,57 | 413,68 | 33,67 | 85,81 |
| | AIII | | 25 | 241,15 | 82,55 | 396,62 | 30,03 | 72,41 |
| | AIV | | 25 | 263,25 | 161,49 | 451,90 | 29,31 | 77,15 |
| | AV | | 25 | 248,52 | 141,34 | 412,78 | 31,42 | 78,08 |

Fuente: Elaboración propia.

Continuación de la tabla 43

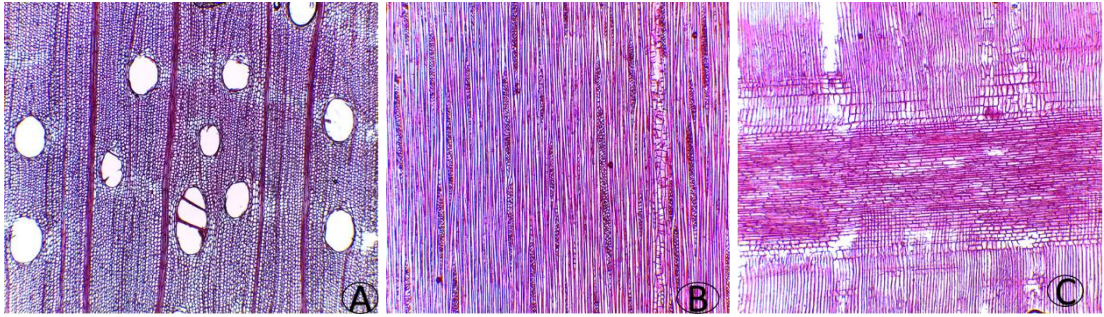
| Variable | Unidades | Árbol | N° Datos evaluados | Promedio | Rango mínimo | Rango máximo | Coefficiente Variación | Desviación Estándar |
|-------------------|-----------------|---------|--------------------|----------|--------------|--------------|------------------------|---------------------|
| Diámetro de vasos | (µm) | General | 125 | 193,85 | 66,36 | 300,53 | 19,00 | 36,83 |
| | | AI | 25 | 190,40 | 118,41 | 248,54 | 17,64 | 33,59 |
| | | AII | 25 | 183,29 | 122,43 | 239,78 | 17,61 | 32,28 |
| | | AIII | 25 | 197,86 | 124,93 | 244,63 | 14,25 | 28,19 |
| | | AIV | 25 | 209,60 | 93,83 | 300,53 | 20,89 | 43,78 |
| | | AV | 25 | 188,10 | 66,36 | 264,16 | 21,85 | 41,10 |
| Numero de vasos | mm ² | General | 125 | 4,06 | 1,00 | 10,00 | 37,98 | 1,54 |
| | | AI | 25 | 4,64 | 2,00 | 7,00 | 24,79 | 1,15 |
| | | AII | 25 | 3,92 | 1,00 | 6,00 | 30,29 | 1,19 |
| | | AIII | 25 | 3,52 | 1,00 | 7,00 | 47,20 | 1,66 |
| | | AIV | 25 | 3,72 | 1,00 | 6,00 | 34,29 | 1,28 |
| | | AV | 25 | 4,52 | 1,00 | 10,00 | 45,21 | 2,04 |
| Altura de radios | (µm) | General | 125 | 830,47 | 96,33 | 1 967,81 | 54,62 | 453,64 |
| | | AI | 25 | 644,71 | 298,01 | 1 140,69 | 33,08 | 213,24 |
| | | AII | 25 | 910,71 | 216,28 | 1 824,14 | 50,22 | 457,36 |
| | | AIII | 25 | 907,40 | 131,39 | 1 952,77 | 59,06 | 535,93 |
| | | AIV | 25 | 953,60 | 143,16 | 1 904,23 | 48,97 | 467,00 |
| | | AV | 25 | 735,92 | 96,33 | 1 967,81 | 65,08 | 478,92 |
| Numero de radios | mm ² | General | 125 | 27,39 | 13,00 | 43,00 | 21,64 | 5,93 |
| | | AI | 25 | 27,80 | 2,00 | 7,00 | 24,79 | 1,15 |
| | | AII | 25 | 27,36 | 20,00 | 34,00 | 13,75 | 3,76 |
| | | AIII | 25 | 24,68 | 13,00 | 39,00 | 27,20 | 6,71 |
| | | AIV | 25 | 24,64 | 18,00 | 35,00 | 16,19 | 3,99 |
| | | AV | 25 | 32,48 | 20,00 | 43,00 | 18,17 | 5,90 |

Fuente: Elaboración propia.

Continuación de la tabla 43

| Variable | Unidades | Árbol | N° Datos evaluados | Promedio | Rango mínimo | Rango máximo | Coefficiente de Variación (%) | Desviación Estándar |
|--|----------|---------|-----------------------|----------|--------------|--------------|----------------------------------|------------------------|
| Número de células del radio en altura | General | General | 125 | 43,98 | 2,00 | 102,00 | 47,55 | 20,91 |
| | AI | AI | 25 | 40,36 | 2,00 | 65,00 | 42,29 | 17,07 |
| | AII | AII | 25 | 39,96 | 2,00 | 87,00 | 53,94 | 21,55 |
| | AIII | AIII | 25 | 48,48 | 4,00 | 98,00 | 45,03 | 21,83 |
| | AIV | AIV | 25 | 39,88 | 3,00 | 73,00 | 42,78 | 17,06 |
| | AV | AV | 25 | 51,20 | 4,00 | 102,00 | 48,32 | 24,74 |
| Número de células del radio en ancho | General | General | 125 | 5,03 | 1,00 | 8,00 | 28,21 | 1,42 |
| | AI | AI | 25 | 5,12 | 1,00 | 8,00 | 32,05 | 1,64 |
| | AII | AII | 25 | 5,12 | 1,00 | 8,00 | 29,47 | 1,51 |
| | AIII | AIII | 25 | 5,08 | 1,00 | 7,00 | 25,36 | 1,29 |
| | AIV | AIV | 25 | 4,52 | 1,00 | 6,00 | 27,19 | 1,23 |
| | AV | AV | 25 | 5,32 | 1,00 | 8,00 | 25,86 | 1,38 |
| Longitud fibra (μm) | General | General | 125 | 1 165,90 | 713,69 | 1 673,13 | 15,52 | 180,92 |
| | AI | AI | 25 | 1 100,55 | 819,41 | 1 268,09 | 9,35 | 102,95 |
| | AII | AII | 25 | 1 267,97 | 973,21 | 1562,30 | 11,84 | 150,19 |
| | AIII | AIII | 25 | 1 097,76 | 854,03 | 1 337,27 | 11,54 | 126,71 |
| | AIV | AIV | 25 | 1 322,78 | 975,05 | 1 673,13 | 13,81 | 182,61 |
| | AV | AV | 25 | 1 040,46 | 713,69 | 1 342,58 | 15,01 | 156,20 |
| Diámetro fibra (μm) | General | General | 125 | 32,08 | 21,64 | 45,07 | 16,66 | 5,34 |
| | AI | AI | 25 | 32,50 | 24,27 | 41,03 | 13,84 | 4,50 |
| | AII | AII | 25 | 33,17 | 21,64 | 39,27 | 13,71 | 4,55 |
| | AIII | AIII | 25 | 32,63 | 24,95 | 45,07 | 17,54 | 5,72 |
| | AIV | AIV | 25 | 28,65 | 22,68 | 36,19 | 13,87 | 3,97 |
| | AV | AV | 25 | 33,45 | 15,09 | 43,80 | 19,42 | 6,50 |

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Secciones microscópicas de láminas de Alco kaspí.

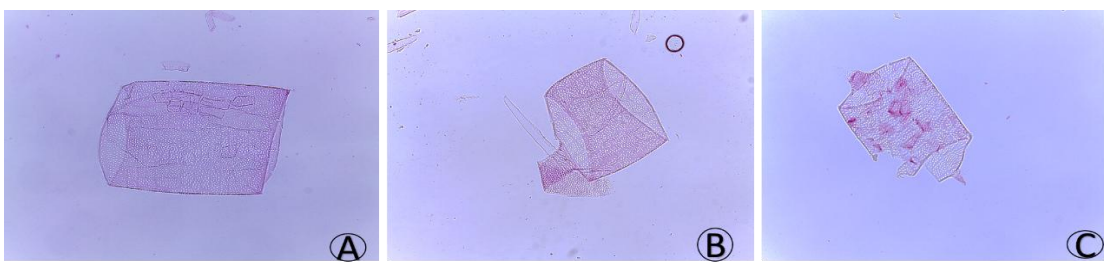
A. Sección Transversal, B. Sección Tangencial y C. Sección Radial.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Fibras microscópicas de la madera de Alco kaspí.

A. fibras en 4x de aumento, B. fibras en 10x de aumento y C. fibras en 40x de aumento.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Vasos microscópicas de la madera de Alco kaspí.

A. Vaso sin apéndice, B. Vaso con apéndice en un extremo y C. Vaso con apéndice en ambos extremos.

4.4. Clasificación de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

En las (Tablas 44,45 y 46) se detalla la clasificación con respecto a las propiedades físicas, mecánicas y las características anatómicas microscópicas de la madera *Vochysia kosnipatae* Huamantupa conforme al establecido en los (Tablas 04, 05, 06 y 07).

Tabla 44. Clasificación de las propiedades físicas de *Alco kaspi*.

| CLASIFICACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Resultado | Clasificación | Coefficiente de variación | Clasificación |
| DB = 0,38 g/cm ³ | Baja | 10,10 % | Datos regularmente homogéneos |
| Da = 0,43 g/cm ³ | Moderadamente liviana | 10,32 % | |
| Ct = 9,07% | Muy alta | 14,72 % | Datos muy variables |
| Cr = 3,79 % | Media | 36,36 % | |
| CV = 10,74 % | Alta | 6,71 % | |
| Ct/Cr = 2,68 | Inestable | 53,17 % | Datos muy variables |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Clasificación de las propiedades mecánicas de Alco kaspi.

| CLASIFICACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS | | | | |
|---|---------------------------------------|---------------|------------------------|------------------------------------|
| Ensayo | Resultado | Clasificación | Coefficiente variación | Clasificación |
| Flexión estática | ELP = 759,42 kg/cm ² | Media | 16,73% | datos regularmente variables |
| | MOR = 528,38 kg/cm ² | | 14,17% | |
| Compresión perpendicular al grano | ELP = 27,91kg/cm ² | Muy baja | 17,37% | datos regularmente variables |
| Cizallamiento | 56,70 kg/cm ² | Media | 20,24% | datos variables |
| Dureza | 233,70 kg/cm ² | Baja | 17,28% | datos regularmente variables |
| Clivaje | 29,46 kg/cm ² | | 30,21 | Datos variables |
| Extracción clavos | 65,17 kg/cm ² | 20,86% | | |
| Tenacidad | 80,95 kg/cm | | 59,34% | datos muy variables |

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 46. Clasificación microscópica de Alco kaspi.

| CLASIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS | | | | |
|--|-----------|---------------|------------------------|-------------------------------|
| Variable | Resultado | Clasificación | Coefficiente variación | Clasificación |
| Long. fibras (µm) | 1 165,90 | Mediana | 15,52 % | Datos regularmente variables |
| Diámetro de fibras (µm) | 32,08 | | 16,66 % | |
| Longitud de vasos (µm) | 250,81 | Cortas | 31,70 % | |
| Numero de poros /mm ² | 4,06 | Muy pocas | 37,98 % | Datos muy variables |
| Longitud de radios (µm) | 830,47 | Bajos | 54,62 % | |
| Diámetro de poros (µm) | 193,85 | Medianos | 19,00 % | Datos regularmente variables |
| Espesor pared de fibras (µm) | 4,09 | Delgado | 17,90 % | Datos regularmente homogéneos |

Fuente. Elaboración propia.

4.5. Comparación y los posibles usos de *Alco kaspi*

Las propiedades físicas de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa comparando los resultados obtenidos con resultados de especies presentados como antecedentes Se observa en el (Tabla 47) donde la DB obtenido supera con una mínima diferencia a las especies presentados por delgado (2013), en cambio en la CV es inferior, pero en el índice de estabilidad tienen valores casi similares. Por otro lado la DB de *Catuaba* reportado por Morvely (2014) es superior.

De conformidad a las comparaciones de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa con especies presentados en los antecedentes se determina los usos apropiados en función de los usos atribuidos a estas especies (Tabla 49)

Tabla 47. Comparación de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| Comparación de propiedades físicas de <i>Alco kaspi</i> con especie presentados en los antecedentes | | | | |
|---|--------|-------------------------|--------|-------|
| ESPECIES | CH (%) | DB (g/cm ³) | CV (%) | CT/CR |
| <i>Malmea</i> sp. (Espintana) (Arostegui y Acebedo (1982) | | 0,39 | 8,3 | 1,7 |
| <i>Erismia uncinatum</i> Warm (<i>Catuaba</i>) Morvely (2014) | 121 | 0,47 | 11,47 | 2,4 |
| <i>Vochysia vismiifolia</i> Spruce ex Warm (dormilón) Delgado (2013) | | 0,37 | 15,5 | 2,7 |
| <i>Vochysia ferruginea</i> (<i>soroga</i>) Delgado (2013) | | 0,37 | 14,3 | 2,57 |
| <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | 122,02 | 0,38 | 10,74 | 2,68 |

Fuente: Elaboración propia.

En el (Tabla 48) se observa la comparación de los resultados obtenidos de propiedades mecánicas de la madera de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa con especies presentados en los antecedentes. En Flexión estática para MOR presenta valores inferiores al igual que el MOE y dureza que el Dormilón y Soroga reportado por Delgado (2013).

Tabla 48. Comparación de propiedades mecánicas de Alco kaspi.

| Comparación de propiedades mecánicas de Alco kaspi con especie presentados | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| ESPECIES | ELP (kg/cm ²) | MOR (kg/cm ²) | MOE (kg/cm ²) | Com. Per. Grano (ELP) (kg/cm ²) | Clivaje (kg/cm ²) | Cizallamiento (kg/cm ²) | Dureza (kg/cm ²) | Tenacidad (kg/cm) | Ext. Clavos (kg/cm ²) |
| | Flexión estática | | | | | | | | |
| <i>Vochysia vismiifolia</i> Spruce ex Warm (dormilón) Delgado (2013) | | 624 | 100 | 27 | | | 216 | 0,61 | |
| <i>Vochysia ferruginea</i> (soroga) Delgado (2013) | | 929 | 117 | 81 | | | 513 | 2,19 | |
| <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | 759,4 | 528,38 | 31,5 | 27,91 | 29,46 | 56,70 | 233,70 | 80,95 | 65,17 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Usos recomendados de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

| Especies | Usos recomendados |
|---|---|
| <i>Malmea</i> sp. (Espintana) (Arostegui y Acebedo 1982) | juguetería, embaces livianos, contrachapados de uso general, mueblería y ebanistería, encofrados, estructura en general |
| <i>Erisma uncinatum</i> Warm (Catuaba) Morvely (2014) | Puertas, Ventanas, Muebles en general, Láminas de enchape, carpintería en general, Triplay, Estructuras ligeras, Molduras, Encofrados, Embalajes ligeros. |
| <i>Vochysia vismiifolia</i> Spruce ex Warm (dormilón, oreja de burroreporta) Delgado (2013) | Chapas para triplex, cajonería, carpintería, construcciones livianas, juguetería, oldurados para revestimiento de interiores, pulpa, tableros enlistonados y aglomerados, madera machihembrada, muebles, cajas para puros, fósforos y encofrados. |
| <i>Vochysia ferruginea</i> (soroga) Delgado (2013) | Cajas, muebles, carpintería, construcciones normales, embalajes y revestimientos interiores. Chapas para triplex (alma), tableros de fibras y viruta, pulpa y papel, tableros enlistonados, juguetería, productos moldurados, canoas, encofrados y paneles. |
| <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa | |

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- La madera de *Vochysia. kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) proveniente de una plantación experimental de ocho años, presenta un CH de 122 % aproximadamente con una DB baja de 0,38, de consistencia liviana y una Dv de 0,84 g/cm³. Asimismo, presenta una Contracción volumétrica alta, Ct muy alta, Cr media, Cl de 2,40 %, Ct/Cr con categoría inestable y una anisotropía bastante considerable.
- Las propiedades mecánicas de la madera de *Vochysia. kosnipatae* Huamantupa reflejan una tendencia de categoría baja para dureza 233,70 kg/cm², clivaje 29,46 kg/cm² y extracción de clavos 65,17 kg/cm²; en cambio para cizallamiento 56,70 kg/cm² y flexión estática (ELP 759,42 kg/cm² y MOR 528,38 kg/cm²) está en la categoría media y para compresión perpendicular al grano (ELP 27,91 kg/cm²) con categoría muy baja.
- Respecto a las características organolépticas la madera de *Vochysia. kosnipatae* Huamantupa no presenta olor ni sabor; por otro lado, existe marcada diferencia entre la albura y el duramen, con una medula de regular tamaño. El duramen color crema rosado, albura de color crema blanquecino, anillos ligeramente diferenciados en bandas claras; con grano recto, textura media y brillo elevado. El veteado en arcos superpuestos. A nivel microscópico presenta vasos de 4 en mm² de 250,81 μm de longitud con apéndices en los extremos. Las fibras libriformes de longitud 1 165,90 μm con diámetro de 32,08 μm, radios cerca de 27 en mm², con 5 células en el ancho, 44 células en el alto; sin inclusiones minerales.
- Los conocimientos de las propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de la madera de *Vochysia. kosnipatae* Huamantupa permitieron asignarle los siguientes usos: mueblería, carpintería de obra no estructural liviana, cajonería de envases livianos, encofrados livianos, triplay, juguetería general, tableros y viruta, pulpa y papel, obras de torneado y artesanía en general.

RECOMENDACIONES

- ❑ Realizar estudios del *Vochysia. kosnipatae* Huamantupa en trabajabilidad, que permitan conocer su durabilidad natural y comportamiento al secado, preservado y encolado de la madera, con el fin de optimizar su utilización.

- ❑ Ejecutar ensayos de manejo silvicultural de *Vochysia. kosnipatae* Huamantupa como: establecimiento de las plantaciones, densidad de la plantación, fertilización, raleos y poda, para conocer el comportamiento que tienen la especie frente a los tratamientos silviculturales y de esta manera poder dar las opciones apropiadas de manejo de esta especie.

- ❑ Realizar estudios de rendimiento en todos los procesos de transformación industrial de *Vochysia. kosnipatae* Huamantupa con la finalidad de promocionar técnicamente el aprovechamiento en transformación de la madera de la especie.

- ❑ Es necesario promover el estudio dendrocronológico de *Vochysia. kosnipatae* Huamantupa que garantice su uso racional y aprovechamiento de la madera en una edad adecuada.

- ❑ Se recomienda firmar convenios. entre INIA Puno y la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, que permitan ejecutar proyectos de investigación de relevancia en la promoción y aporte tecnológico de nuevas especies forestales poco conocidas en el distrito de San Gabán.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, M. y KIKATA, Y. 1994, Atlas de maderas del Perú. Universidad de Napon Japon; Universidad Nacional Agraria la Molina Lima Perú.
- ALMEIDA, Giana. 2006 Influence de la structure du bois sur ses propriétés physico-mécaniques à des teneurs en humidité élevées., Tesis doctoral presentada en la Facultad de Estudios de Posgrado de la Universidad Laval, pág. 232.
- AROSTEGUI VARGAS Antonio, 1982. Recopilación y análisis de Estudios Tecnológicos de Maderas Peruanas., Documento de trabajo.
- ARÓSTEGUI VARGAS Antonio. 1975. Estudio tecnológico de maderas del Perú. Características tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Lima, PE, Universidad Nacional Agraria / Ministerio de Agricultura. Vol. 3, 184 p.
- ARROYO, J O.E.L. 1983 Propiedades físico-mecánicas de la madera., Merida VE; Universidad de los Andes; facultad de ciencias forestales
- BRAKO, Liz Y ZARUCCHI, JAMES Lee. 1993 Catalogue of the flowering plants and Gymnosperms of Peru.
- COPANT, 1974. Maderas: Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de las maderas angiospermas y dicotiledóneas: anteproyecto de Norma. . Caracas-Venezuela: COPANT 30: 1 – 019.
- CUEVAS, E. 2003, Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera. Material de Apoyo en Propiedades Físicas y Mecánicas. Universidad de Talca. Talca, Chile, pág. 68.
- DELGADO, Donadi y PACHECO, Dereix. 2013 Maderas de Colombia., Goobal forest y trade Network.
- DIAZ Vaz, J. y CUEVAS, H. 1982 Ensayos mecánicos de la madera de Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad deficiencias Forestales, pág. 44.

- DIAZ, MENDEZ Paula. 2005, evaluación de las propiedades físicas, mecánicas de la madera de *Nothofagus glauca* (hualo) provenientes de la zona de Cauquenes. Universidad de Talca, pág. 179.
- DURAN, Fernando. 1986. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización
- ELEANA María, KEIL GABRIEL Darío, MONTEOLIVA Silvia, 2008. Propiedades mecánicas de la madera. Universidad Nacional de la Plata: Xilotecnia.
- ELEANA María, SPAVENTO.: S.N., 2008. Propiedades mecánicas de la madera. Universidad Nacional de la Plata: Xilotecnia.
- GONSALES CASEMIRO, Isidora. 2011 Atlas de maderas selva central. Huancayo: Missouri Botanical Garden.
- GONZÁLEZ TREJOS, Guillermo y SERRANO MONTERO, Rafael. 2004 Propiedades y utilidades de la madera de melina (*Gmelina arborea* Roxb) procedente de árboles plantados en Costa Rica., Kurú, pág. 9.
- GRIGORIEV, M A. 1985, Estudio de materiales para ebanistas y carpinteros. pág. 248.
- GUTIÉRREZ VÁZQUEZ, Benito, y otros. 2010, Variación de la densidad de la madera en poblaciones naturales de *Pinus*. Fitotecnia Mexicana, pág. 5.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. Metodología de la investigación. 6a. México D.F.: McGraw Hill. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- HUAMANTUPA, CHUQUIMACO Isau. 2005 *Vochysia kosnipatae* (Vochysiaceae), una nueva especie endémica en el Pongo de Qoñec, Valle de Kosñipata, Cusco - Perú., Arnaldoa, pág. 5.
- IAWA. 1989. List of microscopic features for hardwood identification with an appendix on non-anatomical information. Bulletin n. s. 10(3). The Netherlands. 113 p.
- KOLMAN, Franz. 1959 Tecnología de la madera y sus aplicaciones, Ministerio de Agricultura, Madrid (España), pág. 675.

- MORVELY VEINTANILLA, Wilson Darling. 2014. "Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de las especies *Erismia uncinatum* Warm y *Dacryodes peruviana* (Loes.) H.J. Lam proveniente de la provincia de Tambopata Madre de Dios". Puerto Maldonado: UNAMAD.
- MOYA R. Roger, MUÑOZ A. Freddy et al 2010 "Tecnología de madera de plantaciones forestales" fichas técnicas Revista forestal Mesoamérica Kuri
- MapadistribucióndeVochysiakosnipatae", "URL": "https://www.tropicos.org/MapsCountry.aspx?maptype=4&lookupid=50324574", "language": "Ing
- NTP 251.010 Método de determinación del contenido de humedad.
- NTP 251.011 Método de determinación de la densidad.
- NTP 251.012 Método de determinación de la contracción.
- NTP 251.013 Método de determinación del Cizallamiento paralelo al grano.
- NTP 251.015 Método de determinación de la dureza.
- NTP 251.016 Método de determinación de la compresión perpendicular al grano.
- NTP 251.017 Método de determinación de la Flexión Estática.
- NTP 251.018 Método de determinación de la tenacidad.
- NTP 251.019 Método de determinación del Clivaje.
- NTP 251.036 Método de determinación de la Extracción de Clavos.
- PÉREZ, A. 1984 Apuntes de Anatomía de la Madera., Mérida, VE, Universidad de los Andes, pág. 132.
- PEREZ, V. 1983, Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile, pág. 451.
- PORTAL CAHUANA, Leif Armando. 2008 "Propiedades físico-mecánico y características anatómicas de la especie *Crepidosperrum goudotianum* triana & planch-proveniente del Tahuamanu-Madre de Dios", Universidad Nacional Amazónica de Madre Dios Perú, pág. 122.
- PUCHAICELA TENE Cesar Andrés 2013 "Estudio de la estructura anatómica y propiedades físico mecánicas de cinco especies

maderables en bosques secundarios del Cantos Zamora”, tesis de pre grado Universidad Nacional la Joya 161pg.

- ROSALES, SOLORZANO, Emer Ronald. 2015, “Niveles de humedad de maderas peruanas relacionadas con la densidad básica de la madera para promover su uso sostenible”. Tesis doctoral Universidad Nacional Federico Villareal., pág. 115.
- RUBIO J. 2002 “Estadística” Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, 175pg.
- SIMPSON, Wilians Y TENWOLDE, Anton. 1999 Physical Properties and Moisture Relations of Wood, International Plant Protection Convention, pág. 25.
- VALDERRAMA FREYRE, Heiter. 1993, Características tecnológicas y usos industriales de nuevas especies forestales de la amazonia peruana. Folia amazónica, pág. 23.
- VALDERRAMA, H ARAUJO, A. Y ARÓSTEGUI, A. 1989, Estructura anatómica y clave de identificación de 20 especies forestales de la zona de Colonia Angamos, Río Tavarí y Jenaro Herrera. IIAP, INPA. Iquitos. PE. Universidad Nacional de la Amazonía.
- VIANNA, Maria Célia. 2006 Vochysiaceae na reserva biológica de poço das antas, silva jardín, rio de janeiro, Brasil., Rodriguésia, pág. 8.
- VIGNOTE, Santiago, JIMÉNEZ F. 1996, Tecnología de la madera. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- WRIGHT, J. A, OSORIO Luis Fernando. 1992, Variación de la densidad de la madera entre procedencias de *Pinus Maximinoi* a los 14, 5 años de edad en Colombia. Investigación forestal Investigación forestal). Cartón de Colombia. Informe de investigación, pág. 147.

MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE *Vochysia kosnipatae* Huamantupa (Alco kaspi) PROVENIENTE DE PLANTACIÓN DEL DISTRITO SAN GABAN 2019

| PROBLEMA | OBJETIVO | MARCO TEORICO | METODOLOGIA |
|--|--|--|---|
| <p>PROBLEMA GENERAL: Esta especie poco conocida y al no disponer de la información tecnológica básica y elemental de los comportamientos físicos, cualidades de resistencia a fuerzas externas y características anatómicas de la madera de una especie forestal tropical que tiene la alta capacidad de adaptabilidad, crecimiento, abundancia en un medio con lleva al hombre a ignorar la importancia y el uso apropiado de la madera de especies forestales nativos poco conocidas.</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS: ¿Cuáles serán las Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa (Alco kaspi) proveniente de una plantación experimental de ocho años del distrito de San Gabán?</p> | <p>OBJETIVO GENERAL: Determinar las propiedades físicas, mecánicas y describir las características anatómicas de la madera de <i>Vochysia kosnipatae</i> Huamantupa (Alco kaspi) proveniente de una plantación experimental de ocho años del distrito de San Gabán - provincia de Carabaya, Puno.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Determinar las propiedades físicas <input type="checkbox"/> Determinar las propiedades mecánicas <input type="checkbox"/> Describir las características anatómicas <input type="checkbox"/> Proponer los usos adecuados en función a resultados y clasificación de las propiedades físicas, mecánicas y las características anatómicas de la madera. | <p>ANTECEDENTES: A nivel internacional: (Delgado 2013) detalla para la madera de <i>Vochysia vismifolia</i> Spruce ex Warm (dormilón de burroreporta) lo siguiente DB de 0,37g/cm3 y recc para construcciones y car livianas</p> <p>A nivel nacional: Gonzales (2010) menciona para <i>vochysia vismifolia spruce & warming</i> (Chancaquero) existe diferencia de albura y duramen, olor y sabor indistinto, textura media a gruesa, brillo medio ha elevado</p> <p>A nivel local: (Morvely 2014) para Catuaba describe como densidad básica 0.47 g/cm3 y propone el uso apropiado para mueblería en general.</p> | <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN : Descriptivo</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativo.</p> <p>MÉTODO: no experimental.</p> <p>POBLACIÓN: La población está establecida por 18 árboles de la plantación de alco kaspi.</p> <p>MUESTRA: La muestra está representada por 5 arbole.</p> <p>TÉCNICA DE ESTUDIO: Destructivo.</p> <p>TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS: Determinación promedio.</p> |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Solicitud de permiso de ejecución de investigación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
 “AÑO DEL DIALOGO Y LA RECONCILIACION NACIONAL”
 “MADRE DE DIOS CAPITAL DE LA BIODIVERSIDAD DEL PERÚ”
 CP INGENIERIA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



Puerto Maldonado, 31 De Enero Del 2018

CARTA N°06-2018-UNAMAD-EP-CP-IFMA

SEÑOR:

ING. EDUARDO CHARAJA QUISPE

DIRECTOR EEA ILLPA INIA PUNO

ASUNTO: solicito permiso para ejecutar la investigación de
 “Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas
 de Vochysia Kosnipatae huamantupa (Alco kaspi) proveniente
 de plantación experimental del distrito de San Gabán Puno”

Ref.: Resolución de Decanatura N° 001-2018-UNAMAD-DFI

Tengo a bien dirigirme a usted para saludarlo cordialmente, al mismo tiempo solicitarle el permiso para ejecutar la investigación de “Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de Vochysia Kosnipatae huamantupa (Alco kaspi) proveniente de plantación experimental del distrito de San Gabán Puno”, a favor del estudiante Ever Angel Ccahuana Jihuallanca egresado de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente – UNAMAD que desarrollare la etapa de campo que comprende la evaluación dendrológica, colección de muestras de madera y colección de muestras botánicas de la plantación experimental de ocho años de Vochysia Kosnipatae huamantupa de la subestación experimental agraria INIA San Gabán.

Para mayor credibilidad adjunto copia de la resolución de aprobación del proyecto de investigación (tesis) de la decanatura de ingeniería de la UNAMAD.

Agradeciendo de antemano su atención y aceptación del pedido, reciba un cordial saludo y estima personal.

Atentamente:

Est. Ever Angel Ccahuana Jihuallanca

DNI 43370085, Código est. 10120023

Anexo 4. Reconocimiento de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

Anexo 5. Constancias de laboratorio de anatomía de la madera.



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



"AÑO DE LA IGUALDAD Y LA NO VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES"
"MADRE DE DIOS CAPITAL DE LA BIODIVERSIDAD DEL PERÚ"

Puerto Maldonado - UNAMAD, 13 de Abril de 2018

CONSTANCIA

El que suscribe, **RESPONSABLE DE LABORATORIO DE ANATOMIA DE LA MADERA** de la UNAMAD deja constancia que el **Bach. EVER ANGEL CCAHUANA JIHUALLANCA** en Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios; ha empezado la fase de laboratorio de descripción anatómica de su trabajo de tesis titulado **"Propiedades Físicas, Mecánicas Y características Anatómicas de la madera de *Vochysia Kosnipatae* Huamantupa (alco Kaspi) Proveniente de una Plantación Experimental de Nueve Años de la Provincia de Carabaya Distrito de San Gabán Puno 2018"** desde los primeros días del mes de abril del presente año 2018 con la respectiva asistencia cotidiana en los horarios establecidos por la institución.

Se expide la presente constancia, para los fines que estime conveniente.

Atentamente:

 MSc. Leif Armando Portal Cahuana.

Responsable de laboratorio de
 Anatomía de la Madera de la
 UNAMAD

Anexo 6. Constancias de laboratorio de tecnología de la madera.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE INDUSTRIAS FORESTALES
 Teléfono 614 7800 - Anexo 227
 A. Postal 12056 - email: dif@lamolina.edu.pe



CONSTANCIA

El Jefe del **JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYOS TECNOLÓGICOS** que suscribe, hace constar que:

Que el alumno **EVER ANGEL CCAHUANA JIHUALLCA** identificado con DNI N°43370085, de la carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, ha realizado en este laboratorio los ensayos mecánicos que forma parte su trabajo de tesis titulado “**Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de la madera de Vochysia kosnipatae Huamantupa(Alco kaspi) proveniente de plantación experimental de nueve años de la provincia de Carabaya-San Gaban-Puno 2018;** desde el 18 al 29 de mayo.

Se expide el presente documento a solicitud del interesado para los fines académicos.

La Molina, 29 de mayo de 2018

Ing. Moisés Acevedo Malique

LABORATORIO DE ENSAYOS TECNOLÓGICOS



Anexo 7. Imágenes fotográficas de la etapa de campo.



Fuente: Elaboración propia.

A) Habilitación de acceso de la plantación experimental B) Censo de árbol de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.



Fuente: Elaboración propia.

A) Talado de los arboles seleccionados B) Distribución de las trozas muéstrales de los arboles seleccionados y talados de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa



Fuente: Elaboración propia.

A) Troceado de la sección seleccionada B) Traslado de las trozas muéstrales de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa para su posterior transformación en probetas



Fuente: Elaboración propia.

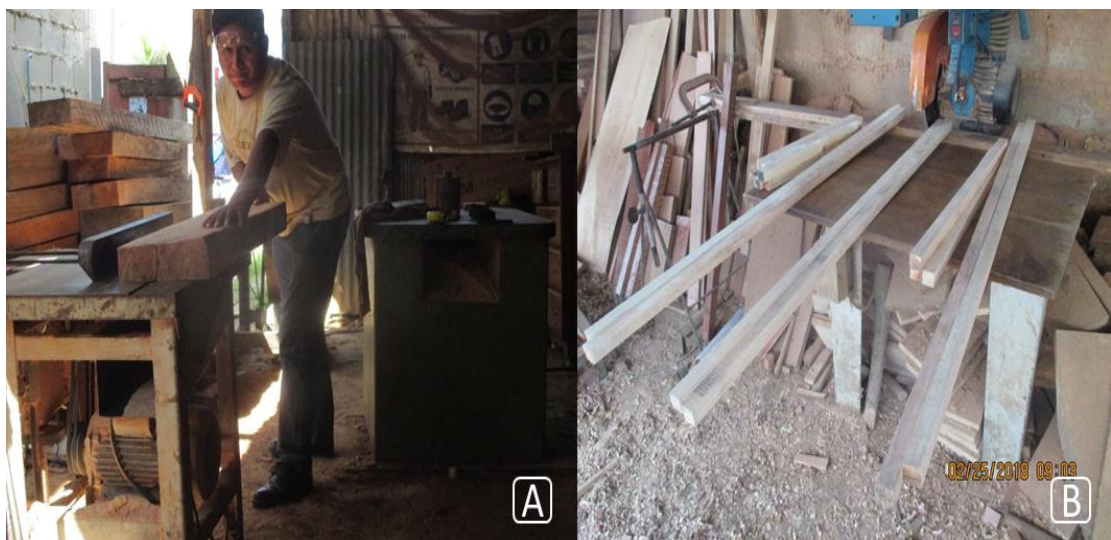
A) Rodajas muéstrales de los cinco arboles seleccionados. B) Prensado de las muestras botánicas colectadas de los arboles seleccionados de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa

Anexo 8. Imágenes fotográficas de la etapa de elaboración de probetas.



Fuente: Elaboración propia.

A) Trazado en los extremos de las trozas muéstrales para el aserrado. B) Aserrado de las trozas muéstrales para la elaboración de probetas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa



Fuente: Elaboración propia.

A) Proceso de elaboración de probetas para los diferentes ensayos. B) Listones seleccionados para las probetas de ensayos físicos de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.



Fuente: Elaboración propia.

A) Inconvenientes encontrados durante el proceso de elaboración de probetas desprendimiento de la medula y el diámetro considerable del mismo. B) proceso de pudrición temprana a causas de las ramas caducas.



Fuente: Elaboración propia.

A) Probetas seleccionadas para los ensayos físicos. B) Probetas seleccionados para los ensayos mecánicos de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa



Fuente: Elaboración propia.

A) Probetas seleccionadas para las descripciones anatómicas. B) Probetas seleccionadas para el ensayo del grano de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

Anexo 9. Imágenes de la etapa de laboratorio de propiedades físicas.



Fuente: Elaboración propia.

A) Proceso de hidratación de probetas para los ensayos físicos. B) acondicionamiento y codificación de las probetas para los ensayos físicos de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.



Fuente: Elaboración propia.

- A) Proceso de evaluación de masa inicial de las probetas para ensayos físicos.
 B) Proceso de evaluación de dimensiones iniciales de los cortes de las probetas de ensayos físicos de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.



Fuente: Elaboración propia.

- A) Proceso de evaluación de volumen inicial de las probetas para ensayos físicos. B) Proceso de secado de las probetas de propiedades físicas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.



Fuente: Elaboración propia.

A) Proceso de evaluación cotidiana de masa de las probetas para ensayos físicos. B) Probetas después de los ensayo físicos de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

Anexo10. Imágenes de la etapa de laboratorio de propiedades mecánicas.



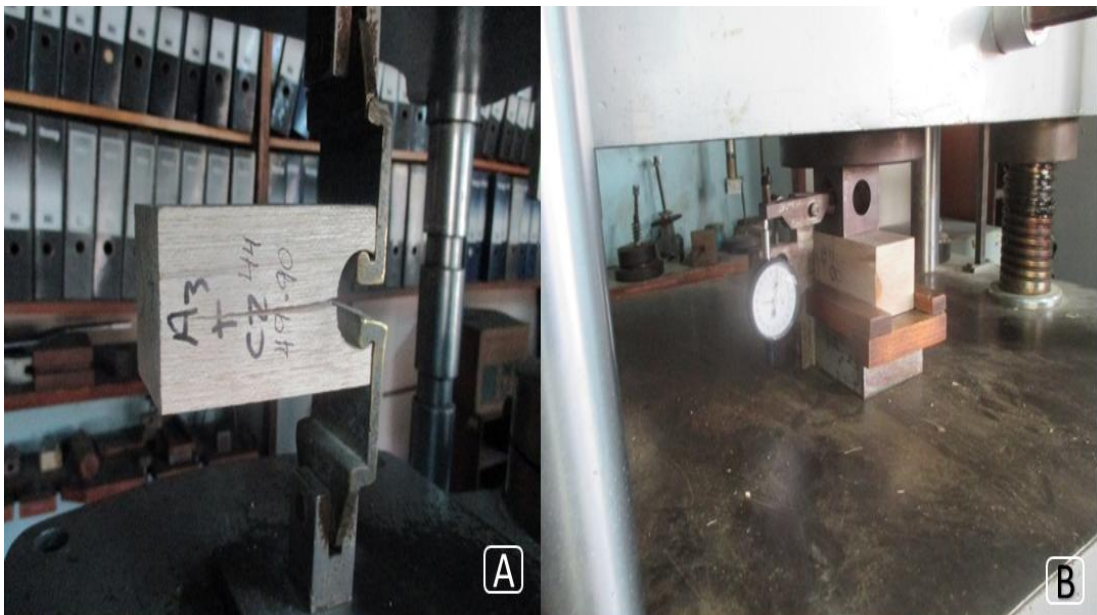
Fuente: Elaboración propia.

A) Acondicionamiento de las probetas para ensayos mecánicos. B) Proceso de ensayo de flexión estática de las probetas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.



Fuente: Elaboración propia.

A) Ensayo de cizallamiento. B) Ensayo de tenacidad de las probetas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.



Fuente: Elaboración propia.

A) Ensayo de clivaje. B) Ensayo de compresión perpendicular a las fibras de las probetas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.



Fuente: Elaboración propia.

A) Ensayo de extracción de clavos. B) Ensayo de dureza de las probetas de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.



Fuente: Elaboración propia.

A) Probetas de tenacidad después de los ensayos. B) proceso de evaluación de masa y volumen inicial de las probetas después de los ensayos de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.



Fuente: Elaboración propia.

A) Proceso de secado en horno de las mini probetas después de los ensayos.
 B) proceso de evaluación de masa y volumen final de las probetas después del secado de *Vochysia kosnipatae* Huamantupa.

Anexo 11. Imágenes de la etapa de laboratorio de anatómicas.



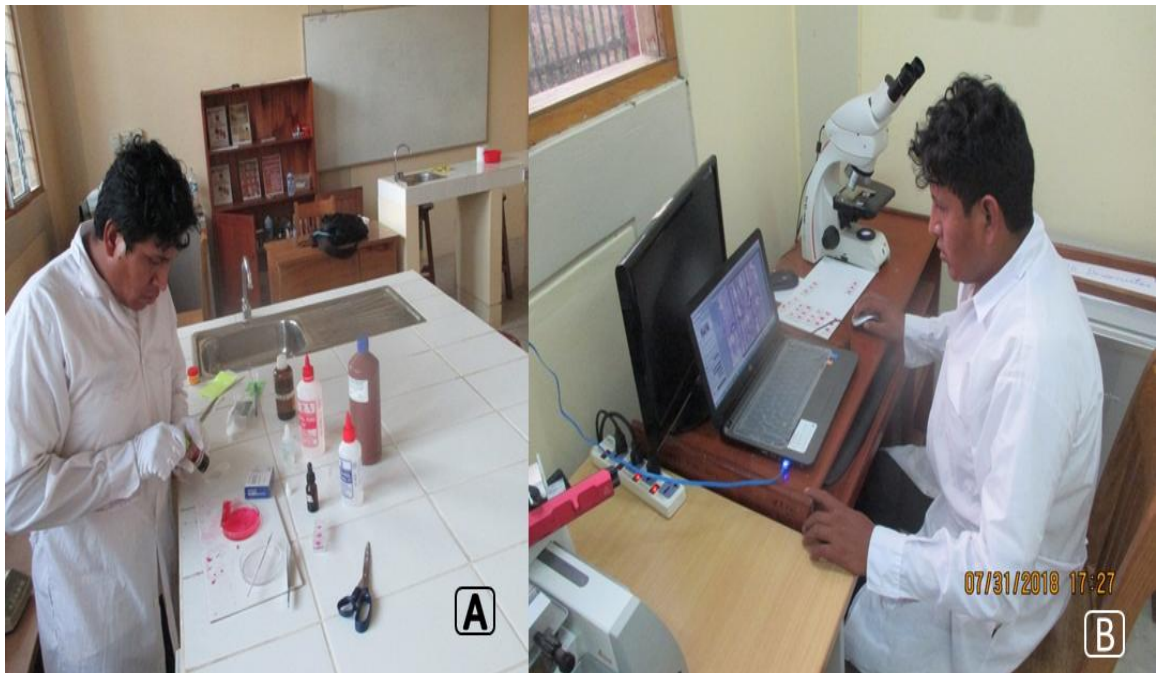
Fuente: Elaboración propia.

A) Proceso de descripción macroscópica, B) acondicionamiento de las probetas y ensayo de grano.



Fuente: Elaboración propia.

A) proceso de ablandamiento de la madera, B) proceso de corte de láminas histológicas.



Fuente: Elaboración propia.

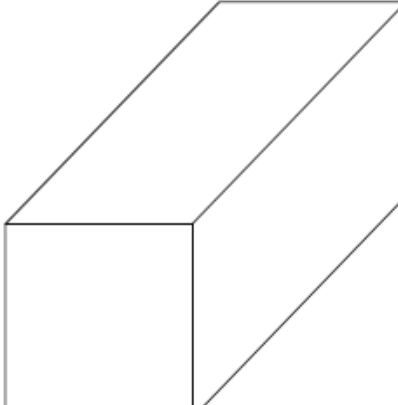
A) Proceso de deshidratación, coloración, fijación, lavado y montaje de las láminas histológicas, B) proceso de toma de microfotografías de las láminas montadas.



Fuente: Elaboración propia.

A) Proceso de disgregación de ácido nítrico puro a 33 % de concentración, B) ablandamiento de muestras con ácido nítrico al 33 % en cocina eléctrica C) Proceso de lavado, coloración, fijación, lavado y montaje de los elementos basculares.

Anexo 14. Formato de ensayo de dureza.

| NOMBRE COMUN: NOMBRE CIENTIFICO: FAMILIA: | N° DE XILOTECA: N° ARBOL: MUESTRA N°: PROCEDENCIA: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------------------|--|------------|--|--|--|-----------|----------|-------|--|--|--|--------|--|------------|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|--|
| <p style="text-align: center;">CONDICION:</p> SECA AL AIRE : <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/> SATURADA : <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/> DURAMEN: % LARGO : 15 cm ESPESOR : 5 cm ANCHO : 5 cm | <p style="text-align: center;">DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD:</p> PESO () : g PESO SECO AL HORNO : g CONTENIDO DE HUMEDAD : % <p style="text-align: center;">OBSERVACIONES:</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO: EJECUTOR: FECHA: | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="6">LADOS DE SUPERFICIE (Lb)</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">ENSAYO N°</th> <th rowspan="2">EXTREMOS</th> <th colspan="4">LADOS</th> </tr> <tr> <th colspan="2">RADIAL</th> <th colspan="2">TANGENCIAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | LADOS DE SUPERFICIE (Lb) | | | | | | ENSAYO N° | EXTREMOS | LADOS | | | | RADIAL | | TANGENCIAL | | 1 | | | | | | 2 | | | | | | 3 | | | | | | 4 | | | | | | PROMEDIO | | | | | |
| LADOS DE SUPERFICIE (Lb) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO N° | EXTREMOS | LADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | RADIAL | | TANGENCIAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| |
|---|
| PROMEDIO EN EXTREMOS : Kg/cm ² PROMEDIO EN LADOS : Kg/cm ² |
|---|

Anexo 15. Formato para el ensayo de extracción de clavos.

| NOMBRE COMÚN: NOMBRE CIENTÍFICO: FAMILIA: | N° ÁRBOL: PROCEDENCIA: CONDICIÓN: SATURADA <input type="checkbox"/> SECA AL AIRE <input type="checkbox"/> | | | | | | |
|---|---|------------|----------|------------------------|-----------------------|-------------|------|
| <u>CLAVOS:</u> | | | | | | | |
| TIPO: LONGITUD: DIÁMETRO: DIMENSIONES DE LA PROBETA: 5 X 5 X 15 cm | | | | | | | |
| PROBETA N° | CARGA DE EXTRACCIÓN (kg) | | | CONTENIDO DE HUMEDAD | | | OBS. |
| | RADIAL | TANGENCIAL | EXTREMOS | PESO INICIAL (g) | PESO SECO HORNO | C.H. (%) | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| PROM. (kg) | | | | | | | |
| PROM. (Kg.) | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| PROM. (kg) | | | | | | | |
| PROM. (Kg.) | | | | | | | |
| EJECUTOR: | | | | | | | |
| PROYECTO: | | | | FECHA: | | | |

Anexo 17. Formato para el ensayo de tenacidad.

| Nombre Común: _____ | | Condición: Saturada <input type="checkbox"/> Seca al Aire <input type="checkbox"/> | | Proyecto: _____ | | | |
|--------------------------|------------|--|----------------|-----------------|---------------------|---|---------------------------------|
| Nombre científico: _____ | | Dimensiones: 2x2x20 cm | | Analista: _____ | | | |
| Nº Arbol: _____ | | Luz: 24 cm | | Fecha: _____ | | | |
| Procedencia: _____ | | | | | | | |
| Ensayo Nº | Muestra Nº | Posición Inicial | Angulo Inicial | Sección | Lectura del Vernier | Tenacidad (Lb/pulg.) | Observaciones y Tipos de Fallas |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| Promedio: _____ | | | | Lb/pulg. | | Multiplicar por 0,0115 para convertir a: _____ Kg | |