UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U.N.U.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

Resistencia al cizallamiento de tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) en el ensamble de piezas de madera

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA FORESTAL

Presentado por:

Jhoana Canales Ponce

Pucallpa - Perú

2014

Jhoana Canales Ponce.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

COMISION DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Nº 282-2014-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa siendo las 11.40 a.m. del día 12 de diciembre del 2014, se reunieron en la Butaca 02 de la Universidad Nacional de Ucayali, los miembros del Jurado Calificador, integrado por:

Ing. M.Sc. Iván Salvador Cárdenas	- Presidente
Ing. Clovis Ramírez Ramírez	- Miembro
Lic. Desiderio Vásquez Plácido	- Miembro

Para proceder a evaluar la sustentación de la tesis titulada "Resistencia al cizallamiento de tarugos de madera C*alycophyllum spruceanum* Benth (Capirona) en el ensamble de piezas de madera", sustentada por la Bachiller Jhoana Canales Ponce.

Terminada la exposición se procedió al rol de preguntas por los miembros del Jurado Evaluador, siendo absueltas por la tesista satisfactoriamente, llegando a la siguiente conclusión:

La tesis fue aprobada por **UNANIMIDAD**, quedando la tesista expedita para optar el Título de **Ingeniero Forestal.**

Siendo las 12:46 p.m. del mismo día se dio por concluido el acto académico.

.....
Ing. M.Sc. Iván Salvador Cárdenas
Presidente

.....
Ing. Clovis Ramírez Ramírez
Miembro

.....
Lic. Desiderio Vásquez Plácido
Miembro

DEDICATORIA

A tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado, CE.

Jhoana

AGRADECIMIENTO

A Dios por encaminarme a lo largo de mi vida. A mi madre por su esfuerzo para apoyarme y velar por mi salud y educación a la largo de mi formación.

A la Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales y a sus docentes por la enseñanzas vertidas durante mi formación profesional.

Al jurado evaluador por sus valiosas recomendaciones. Al Ing. Manuel Iván Salvador Cárdenas por su apoyo en la metodología y tratamiento de los datos.

Al Ing. David Gerardo LLuncor Mendoza por sus orientaciones como asesor durante la realización de la presente investigación.

A la Mg. Cindy Esther Bardales Ramírez por sus aportes vertidos en el desarrollo de la investigación como asesora externa.

Al personal de la Universidad Nacional de Ucayali, por las facilidades brindadas durante el desarrollo de la experimentación en la investigación.

A todos mis amigos y personas que me brindaron su respaldo, asistencia y ánimo en la culminación de la presente investigación.

Jhoana

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Pág.

DEDICATORIA iii
AGRADECIMIENTO iv
ÍNDICE DEL CONTENIDO v
ÍNDICE DE CUADROS vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS viii
ÍNDICE DE ANEXOS ix
RESUMEN x
ABSTRACT xi
INTRODUCCIÓN xii
CAPITULO I. MARCO TEÓRICO 14
1.1. Antecedentes 14
1.2. Planteamiento teórico 17
1.2.1. Resistencia al cizallamiento o corte 17
1.2.2. Tarugo o spinnes de madera 19
1.2.3. Ensamblaje de piezas de madera 20
1.2.4. Descripción de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) 21
1.2.4.1. Clasificación taxonómica 21
1.2.4.2. Hábitat y distribución 21
1.2.4.3. Fisionomía 22
1.2.4.4. Características dendrológicas de la especie 22
1.2.4.5. Características y propiedades de la madera 23
1.3. Definición de términos básicos 24
CAPITULO II. MARCO METODOLÓGICO 26
2.1. Método de investigación 26
2.2. Población y muestra 26

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 27
2.4. Procedimiento de recolección de datos 27
2.5. Tratamiento de datos 30
CAPÍTULO III. RESULTADOS 33
3.1. Resistencia al cizallamiento de tarugos 33
3.2. Clasificación de la resistencia al cizallamiento de tarugos 38
3.3. Relación entre la resistencia al cizallamiento y las dimensiones del tarugo 39
CAPÍTULO IV. DISCUSIONES 41
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES 43
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES 44
BIBLIOGRAFÍA 45
ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 01: Clasificación de la resistencia al cizallamiento según la Norma ASTM D: 2555-76 17

Cuadro 02: Medidas de la producción de tarugos 20

Cuadro 03: Criterios de selección de la muestra 27

Cuadro 04: Dimensiones de los módulos 28

Cuadro 05: Codificación de tarugos 29

Cuadro 06: Análisis de varianza con 2 factores 30

Cuadro 07: Arreglo combinatorio 30

Cuadro 08: Tratamientos 31

Cuadro 09: Análisis de varianza de la resistencia al cizallamiento 31

Cuadro 10: Estadísticos descriptivos de los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) en base a la resistencia al cizallamiento 33

Cuadro 11: Análisis de varianza de los valores de resistencia al cizallamiento de tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) 34

Cuadro 12: Prueba de muestras independientes de la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) de 6.1x30mm y 8.1x30mm en el ensamble de piezas de madera 36

Cuadro 13: Prueba de muestras independientes de la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) de 6.1x40mm y 8.1x40mm en el ensamble de piezas de madera 36

Cuadro 14: Clasificación de la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) en el ensamble de piezas de madera según Norma A.S.T.M. D-2555-78 38

Cuadro 15: Análisis de correlación y regresión lineal entre la resistencia al cizallamiento y las dimensiones del tarugo de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) 40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01. Módulo de ensayo.....28

Gráfico 02. Ensamble del módulo de ensayo.....29

Gráfico 03. Medias marginales estimadas de la resistencia al cizallamiento 35

Gráfico 04. Medias marginales estimadas de la resistencia al cizallamiento por tipo de tarugo de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona).....37

Gráfico 05. Relación entre la resistencia al cizallamiento y las dimensiones del tarugo de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona 39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01. Registro de los datos obtenidos en los ensayos 49
Anexo 02. Estadísticos descriptivos 51
Anexo 03. Análisis de varianza de dos factores 52
Anexo 04. Prueba T de Student para muestras independientes 53
Anexo 05. Prueba de correlación 54
Anexo 06. Infografía 55

RESUMEN

La investigación está basada en el problema planteado: ¿Cuál es el valor de la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) en el ensamble de piezas de madera?

El objetivo general de la investigación fue determinar la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en el ensamble de piezas de madera. Se desarrolló una investigación tipo cuantitativo de nivel experimental en el laboratorio de mecánica de la madera de la Universidad Nacional de Ucayali.

El método usado para la determinación de la resistencia al cizallamiento de los tarugos se ajustó a las especificaciones de la Norma Chilena Oficial NCh976.Of.86. La población estuvo constituido por 21,000 kg de tarugos y trefilados de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) fabricados en la empresa Maderas Peruanas S.A.C. La muestra se seleccionó a través del método de muestreo probabilístico de tipo aleatorio por conglomerados. Del análisis estadístico resulta:

- El valor estadístico (F_c = 89,17) del análisis de varianza demuestra que la interacción entre ambos factores es significativa, la resistencia al cizallamiento promedio depende de la combinación concreta diámetro y longitud del tarugo de madera. La prueba de muestras independientes indica que existe diferencias altamente significativas entre las medias de la resistencia al cizallamiento de las diferentes dimensiones de los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona).
- La Norma ASTM D-2555-78 indica que todas las dimensiones tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) son de resistencia al cizallamiento muy alta.
- El análisis de correlación indica que existe relación altamente significativa entre la resistencia al cizallamiento y las dimensiones del tarugo de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth. El coeficiente de determinación indica que la resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera depende de sus dimensiones en un 10.5% y de otros factores en 89.5%.

Palabras clave: Resistencia, cizallamiento, compresión, tarugos, madera.

ABSTRACT

The research is based on the problem raised, what is the value of the shear strength of wood dowels *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) in the assembly of pieces of wood?

The overall objective of the research was to determine the shear strength of wood dowels *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) in the assembly of pieces of wood. A quantitative research experimentally in the laboratory of mechanical wood of the National University of Ucayali was developed.

The method used for determining the shear strength of anchors adjusted to the specifications of Official Chilean Standard NCh976.Of.86. The population consisted of 21,000 kg of dowels and drawn wood *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) made Maderas Peruanas S.A.C. The sample was selected through probability sampling random cluster type. The statistical analysis is:

- The statistical value (Fc = 89.17) analysis of variance showed that the interaction between the two factors is significant; the average shear strength depends on the particular combination of length and diameter wooden dowel. The independent samples test indicates significant differences between the means of the shear strength of the different dimensions of the wooden dowels *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona).
- ASTM D - 2555-78 indicates that all dimensions wooden dowels *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) are of very high shear strength.
- The coefficient of determination indicates that the shear strength of the wooden dowels depends on its size by 10.5 % and 89.5 % other factors.

Keywords: Strength, shear, compression, dowels, wood.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades de una especie de madera facilitan información necesaria sobre sus procesado a las industrias transformadoras y permite precisar sus mercados potenciales, Valera (2006) argumenta que un conocimiento profundo del comportamiento mecánico de los materiales es fundamental para el diseño confiable de cualquier estructura ya que es conveniente considerar los esfuerzos y deformaciones que presentan los cuerpos reales cuando se deforman bajo cargas; utilizando las propiedades físicas de los materiales (determinadas experimentalmente) así como numerosas leyes y conceptos técnicos.

Los tarugos, son un sistema de agarre y acople utilizados para el ensamblaje de muebles de todo tipo por brindar una estructura sólida e invisible en el producto final (Grupo Mobila, 2006). Son producidos con precisión milimétrica, pueden ser de superficie lisos o estriados transversal, espiral y longitudinal. Su resistencia está dada por las propiedades físicas y mecánicas, independientemente del diámetro. En Chile se producen más de 400 clases de tarugos de madera nativa de primera línea como Coigüe, Eucaliptus, Pino y Lenga desde los 6 a los 22mm de diámetro, dimensionados y biselados según especificaciones técnicas (Apablaza, 2006). Según Soberón et. al (2012), desde el año 690 A.D. se construían santuarios, techos que resistían hasta 660 toneladas y barcos con clavijas de madera en lugar de clavos.

En el Perú se fabrican principalmente en madera capirona (*Calycophyllum spruceanum*) por sus características tecnológicas, ya que es una madera pesada de buen comportamiento a la trabajabilidad, con buena resistencia al ataque biológico y de resistencia mecánica de categoría media a alta (Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana-INIA, 1999).

Estos conocimientos ofrecen alternativas de uso estructural en comparación con la madera sujetada por cola, espiga o clavos, y contribuye con el mejor aprovechamiento del recurso madera. Sin embargo, no existe un estudio que determine las propiedades mecánicas del tarugo basado en sus dimensiones (diámetro y largo), la cual permita evaluar su uso tanto en ensamblaje de muebles como en estructuras de construcción, de manera que al incrementarse su

demanda y valor económico se fomentaría una opción para aprovechar al máximo la madera y los residuos que se genere en la industria de transformación primaria.

En tal sentido, el estudio desde la perspectiva técnica es un importante aporte de conocimiento sobre la evaluación de la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera, de manera que se pueda evaluar sus aplicaciones y usos mediante un registro cuantificable de sus características.

Desde la perspectiva económica, darle un valor agregado al tarugo permite abrir un mercado nuevo de tecnología limpia y diseñar ofertas comerciales que permitan satisfacer las necesidades presentes de los consumidores sin comprometer la capacidad de compensar las necesidades futuras de esta y de las próximas generaciones.

En lo social y cultural, genera el cambio social al estimular comportamientos que contribuyen al desarrollo sostenible del medio ambiente mediante el uso de los tarugos de madera; así mismo reduce el uso de clavos y genera el mínimo impacto negativo en el ecosistema. En lo ecológico la producción de tarugos de madera constituye un modo de aprovechamiento de los residuos potenciales de la madera en el proceso de transformación, ya que los productos ensamblados con tarugos al deteriorase no generará residuos contaminantes.

Por consiguiente, la investigación se desarrolló con el objetivo de determinar la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) en el ensamble de piezas de madera. Así mismo los objetivos específicos fueron:

- Determinar la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) de 6.1x30mm, 6.1x40mm, 8.1x30mm y 8.1x40mm en el ensamble de piezas de madera.
- Establecer la clasificación de la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) de dimensiones 6.1x30mm, 6.1x40mm, 8.1x30mm y 8.1x40mm en el ensamble de piezas de maderas.
- Establecer la relación entre la resistencia al cizallamiento y las dimensiones 6.1x30mm, 6.1x40mm, 8.1x30mm y 8.1x40mm del tarugo de madera de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en el ensamble de piezas de madera.

CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Apablaza (2006) realizó un estudio para determinar la resistencia mecánica a la extracción directa de la unión tarugada larguero-travesaño en puerta de *Pinus Radiata* D. Don y de *Pseudotsuga menziessi* (Mirb) Franco. Los objetivos específicos fueron: Cuantificar y determinar las cargas de rotura o la resistencia de unión en la interfase larguero – travesaño. Evaluar diferencias significativas entre la carga de rotura de las uniones entre los tres tipos de tarugos estriados espiralmente: dos tarugos de especie nativa, uno con estría gruesa (tipo 1) y el otro con estría delgada (tipo 2) y el tercer tarugo de especie *Pinus radiata* con estría gruesa (tipo 3). Se realizaron ensayos utilizando ensambles industriales. El diseño experimental se basó en el análisis de varianza con respecto al tipo de estría. Dentro de los ensambles de las puertas de *Pinus radiata*, existió una diferencia significativa entre el tarugo tipo 2 y el tarugo tipo 3. El valor promedio de carga de rotura es mayor con el tarugo tipo 3, (especie *Pinus radiata* de estría gruesa), alcanzando los 1649.79 Kg, seguido por el tarugo tipo 1 (especie nativa y estría gruesa), 1583.75 Kg, siendo mayor al promedio del tarugo tipo 2 de estría delgada. Es decir, los ensambles con tarugos de estría gruesa presentan una mayor carga de rotura. Los análisis estadísticos demostraron que no existe diferencia significativa entre las cargas de rotura de los ensambles ensayados, con respecto al tipo de tarugo, al tipo de estría del tarugo y a la especie del tarugo que utilizan, el valor general del promedio de carga de rotura fue de 1566.13 Kg. Desde el punto de vista económico, el tarugo de *Pinus radiata* presenta un costo inferior a un tarugo de especie nativa, y desde el punto de vista ecológico y ambiental, certificar la producción de puertas sólidas con materiales puramente de plantaciones, es una gran ventaja competitiva en el mercado.

Pantigoso (2011) realizó el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de capirona (*Calycophyllum spruceanum*) procedente de plantaciones forestales en Ucayali. Se obtuvieron promedios, rangos,

intervalos de confianza y coeficientes de variación para las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) hook ex Schumann (capirona), procedente de una plantación experimental de 9 años ubicada en San Alejandro en el departamento de Ucayali, Perú. Respecto a la contracción total a nivel de corte, el análisis de varianza muestra que sólo hay diferencia significativa en la contracción longitudinal, identificando con la prueba de Kruskal – Wallis que los niveles A y C son similares pero diferentes a B. La razón de este comportamiento podría estar que la parte alta presenta un mayor ángulo de inclinación fibrilar producto de una mayor proporción de madera juvenil. De acuerdo a la clasificación descrita por Aróstegui (1982) y según los resultados obtenidos, la madera estudiada, con densidad básica promedio de 0,61g/cm3 se clasifica como alta, mientras que su contracción volumétrica promedio de 11,38% está catalogada como media. En relación a las propiedades mecánicas las pruebas de significancia indican que sólo muestran diferencias significativas entre niveles de corte el esfuerzo al límite proporcional (ELP), módulo de ruptura (MOR) y módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática. La prueba de comparación de medias precisa que el nivel A presenta diferencias con los niveles B y C siendo estos últimos similares. Los esfuerzos en clivaje (radial), tensión perpendicular (radial), y tenacidad presentan una alta variabilidad representada por los altos coeficientes de variación. Los esfuerzos en compresión perpendicular, cizallamiento y dureza del estudio, se han comparado con resultados de la madera de bosque natural al 12%, se observa que la resistencia de la madera de bosque natural es mayor, 44,63% en compresión perpendicular y en dureza 51,10%. En el caso de dureza esta diferencia se explicaría por la menor densidad básica alcanzada a la edad de 9 años, parece ser que la edad es factor preponderante para explicar estas diferencias. Los esfuerzos de flexión estática y compresión paralela del estudio, se han comparado con resultados de la madera de bosque natural en estado verde, se observa que la resistencia de la madera de bosque natural es mayor en 36,7% para MOE, 24,82 % en MOR y 12,85 para ELP. Asimismo en compresión paralela se aprecia que el valor de la resistencia en bosque natural es superior en 49,75 % para ELP y 48 % para RM. En cuanto a

la propiedad mecánica de cizallamiento con contenido de humedad de 12% el valor promedio resulto en 103.34Kg/cm^2 que es considerado de resistencia media según los criterios de Dávalos y Bárcenas (1999).

Núñez (2005) determinó la resistencia al corte de los tarugos de madera al ubicar de mejor manera la muestra para que exista una carga de compresión total, al estar ubicada realizo las marcas en la muestra en forma transversal para obtener las mediciones de la deformación. La carga se aplicó en etapas de 50 Kg. Debido a ello registró los valores de deformación que registrará el dial. En la capacidad de resistencia al corte de las muestras, se tomó como medida valedera el primer mm de deformación efectuada por la carga aplicada. Se observó que la forma de destrucción de la muestra es rápida después de alcanzar su máxima capacidad de carga, produciéndose una separación entre las piezas laterales y la central. El esfuerzo de corte en el tarugo es en dirección a la carga aplicada. Refiere que el esfuerzo de corte en el tarugo es en dirección a la carga aplicada, para obtener la relación Carga-Deformación y el esfuerzo de corte máximo soportante para cada cantidad de tarugos en la probeta, realizó 3 muestras por cada cantidad de tarugo para tener una mejor relación de los datos. Cada una de estas muestras fueron sometidas a compresión paralela a la fibra, este esfuerzo se logrará con el marco de prueba aplicando por etapas una carga de 50kg, la muestra se someterá a compresión hasta que esta sufra deterioro o rompimiento, lo cual producirá que la muestra no siga soportando carga. De esta forma se obtendrá una gráfica de la relación Esfuerzo – Deformación y el esfuerzo máximo que soporta la muestra. Cada una de las muestras será sometida a la misma acción, para poder obtener resultados, que tengan las mismas condiciones y obtener datos fidedignos. La probeta de madera que se utilizó en este ensayo está conformada por tres piezas de madera, en donde cada una de ellas mide 60 cm de largo, y la pieza central, a la cual se le aplicará la carga, está desplazado hacia arriba 10 cm sobre las otras dos exteriores. Esto nos da una superficie de contacto de 750 cm2. (50 cm x 15 cm). La penetración del tarugo es completa sobre las piezas de madera a unir, con la finalidad de que éstos elementos trabajen a cizalle puro.

1.2. Planteamiento teórico

1.2.1. Resistencia al cizallamiento o corte

Comprende una propiedad física mecánica de la madera que puede ser definida como la carga necesaria para producir una fractura en la interfase de unión entre dos materiales cuando se aplican fuerzas paralelas de sentido contrario. El cizalle longitudinal o paralelo consiste en el desplazamiento de una parte de madera con respecto a otra por medio de una carga aplicada paralela a las fibras. El cizalle paralelo es el que más afecta a las piezas ensambladas.

La clasificación de la resistencia al cizalle paralelo a la fibra del tarugo de madera según la clasificación propuesta por las normas ASTM ASTM D-2555-76, cuyos rangos se pueden ver en la siguiente tabla:

Cuadro 01: Clasificación de la resistencia al cizallamiento según la Norma ASTM D: 2555-76

Esfuerzo en cizalle (Kg/cm^2)	Criterio de clasificación
Menor a 40	Muy bajo
41 – 85	Bajo
86 – 120	Mediano
121 – 175	Alto
Mayor a 175	Muy alto

Fuente: Lastra (1986)

a) Factores que inciden sobre la resistencia

La madera tiene una compleja estructura natural diseñada para servir las necesidades funcionales de una planta en vida. No siempre resulta evidente el por qué las probetas de una especie maderera determinada, extraídas de diferentes árboles o de un mismo árbol muestran una pronunciada diferencia en su densidad y en su resistencia. La variabilidad entre árboles y de la misma especie responde a diferencia genéticas, de ambiente o de ambas. Existe además, diferencias en las propiedades mecánicas, debido al tratamiento de la madera durante su elaboración (CORMA, 2003).

Las características de resistencia de la madera en general, dependen efectivamente del peso específico, así también la desviación y dirección de las fibras, la nudosidad y especialmente el grado de humedad, tienen una gran importancia en las propiedades mecánicas. Por tanto, puede tomarse el peso específico para juzgar con probabilidad, pero no con certeza, la resistencia de una madera (Kollmann, 1959).

Existe una serie de factores relacionados con la estructura natural de la madera que pueden afectar sus propiedades mecánicas. Esta se refleja en distintas características posibles de ponderar, de entre las cuales se pueden mencionar los defectos de la madera, la densidad, la cual para Pérez (1983) es el criterio más satisfactorio para determinar sus características resistentes, pudiendo emplearse también como elemento de juicio en la selección o clasificación de piezas de madera, para Kollmann (1959) del contenido de humedad de la madera dependen casi todas sus propiedades de resistencia, cuando la madera pierde agua bajo el punto de saturación de las fibras (PSF), cada célula se compacta, lo que provoca mayor rigidez y resistencia de las fibras, y por ende, un incremento de su resistencia. Sobre el PSF un aumento del contenido de humedad no tiene efecto sobre la resistencia (Pérez, 1983).

Los defectos de la madera que mayormente inciden sobre las propiedades mecánicas o resistentes de la madera son: Nudos, grietas, rajaduras, granos o fibra desviada, pudrición, perforación y colapso. Otros defectos que inciden en la resistencia, pero, en menor grado, son: Bolsillo de corteza o resina, acebolladuras, alabeos, médula y canto muerto (CORMA, 2003).

Los defectos anteriores son propios de la madera, existen defectos atribuibles a su elaboración como son: Escuadría irregular, grietas (de secado), alabeos, mal cepillado, etc. (CORMA, 2005).

1.2.2. Tarugo o spinnes de madera

En carpintería un tarugo o clavija, es un pequeño cilindro de madera de diferentes medidas estandarizadas, que utiliza para conectar dos piezas de madera. Los diámetros más utilizados son de 6, 8, 10 y 12mm (Nutsch, 2000). Es de cuerpo cilíndrico, lisa o estriada. En general son hechas de madera resistente a la polilla, pero pueden ser de plástico o de otros materiales. Son ampliamente utilizadas en la industria del mueble para lograr una estructura sólida. En otras épocas también fueron ampliamente utilizadas en la construcción naval y como reforzadoras de los ensambles de la estructura de distintas clases de edificaciones.

Algunos trabajadores de la madera hacen sus propios tarugos, mientras que otros compran pasadores precortadas con la longitud y el diámetro requerido.

A pesar de ser una herramienta relativamente corriente las clavijas de madera han sido y siguen siendo un elemento básico en la fabricación y en el mundo para trabajar la madera. Uno de los primeros usos de las espigas de madera se remonta a los santuarios japoneses, documentado por viajeros desde 690 AD. Según los historiadores, estos santuarios se construyeron cada 20 años con sólo madera, clavijas de madera, estacas y juntas entrelazadas. Alrededor del año 1000, Leif Ericson navegó por el Atlántico Norte en un barco que fue construido en gran parte de los tablones superpuestos unidos por clavijas de madera y clavos de hierro. Las clavijas de madera no se oxidan y por lo tanto eran más fiables que el hierro para las expediciones largas (Soberón et al., 2012).

Según Arias (2002) los tarugos son procesados con el fin de aprovechar los desperdicios que desembocan del proceso primario de la madera. Este producto se elabora con el fin de aprovechar piezas de madera de menor tamaño que salen como desperdicio no comerciable del aserrado.

Cuadro 02: Medidas de la producción de tarugos

Diámetros (mm)	Largos (mm)
6.1 – 8.0 – 8.1 – 10.1	30
	35
	40

Fuente: Maderas Peruanas SAC

1.2.3. Ensamblaje de piezas de madera

Según Gálvez (2011), la unión por ensamble es unir dos piezas de madera, los ensambles dan lugar a uniones resistentes y composiciones de gran efecto. La función básica de proceso de ensamble, (montaje) es unir dos o más partes entre sí para formar un conjunto o subconjunto completo.

Existen muchas técnicas de ensamblaje, algunas tan perfectas que no necesitan clavos ni cola, pero difíciles de hacer sin herramientas profesionales. Sin embargo saber hacer algunos ensamblajes sencillos puede resultar útil para construir pequeños muebles y accesorios de madera por reparar mobiliario en mal estado.

Entre las técnicas de ensamblaje, la unión con clavijas es la más sencilla y universal. Ofrece grandes garantías de solidez, rápida ejecución y valor estético. La única dificultad consiste en preparar los agujeros de alojamiento de las clavijas y hacerlos coincidir con los agujeros ciegos de la segunda pieza.

Ensamble con espiga o clavija: La unión con espiga (también llamada taco o clavija) es sencilla y rápida. Las espigas son cilindros estriados de madera dura que se introducen en los orificios taladrados previamente en las dos piezas que se desea ensamblar. Siempre se deberá usar una broca del mismo tamaño de la clavija para que esta encaje perfectamente en el orificio.

1.2.4. Descripción de *Calycophyllum spruceanum* (capirona)

1.2.4.1. Clasificación taxonómica

El Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana (1999), describe la especie *Calycophyllum spruceanum* Benth de la siguiente manera:

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógama
Sub división	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledónea
Familia	: Rubiaceae
Género	: ***Calycophyllum***
Especie	: ***Calycophyllum spruceanum*** Bentham.
Nombre común	: Capirona de bajo, capirona negra, ramin peruano.

1.2.4.2. Hábitat y distribución

Se considera una especie pionera en la sucesión de la planicie aluvial de Perú, Brasil, Ecuador y Colombia, (Linares et al., 1992). Se encuentra en toda la Amazonía peruana hasta los 1000 m.s.n.m. (Russell et al., 1999).

Se encuentra en bosque primario como en bosque clímax. Es una especie heliófita, frecuente también en bosques secundarios, pioneros o tardíos, en suelos limosos a arcillosos, aluviales y fértiles. Se ha colectado semillas en forma intensiva principalmente en la zona aluvial, en los departamentos de Loreto y Ucayali, siendo las más adecuadas para las plantaciones aquellas de las procedencias locales (Ugarte, 2004).

Se trata de un árbol característico en bosques ribereños temporalmente inundables por aguas claras (Sears et al. 2002). Se encuentra en áreas temporalmente inundables y en zonas ribereñas, tolera la pedregosidad elevada (Reynel et al. 2003).

1.2.4.3. Fisionomía

a) **Árbol:** de 50-120 cm de diámetro y 20-35 m de alto, con el fuste muy recto, cilíndrico, regular, la copa en el último tercio, la base del fuste recta.

b) **Corteza externa:** lisa, color verde, muy característica, homogénea, tersa y lustrosa, dando la impresión de un poste bien pulido, provista de ritidoma papiráceo rojizo que se desprende en placas grandes, irregulares, revelando la superficie verdusca de la corteza.

c) **Corteza interna:** homogénea, muy delgada, de 1- 2 mm. espesor, color crema verdusco.

d) **Ramitas terminales:** con sección circular o aplanada en las zonas terminales de 5-6 mm. de diámetro, color marrón rojizo cuando secas, lisas, lustrosas, provistas de lenticelas blanquecinas.

1.2.4.4. Características dendrológicas de la especie

a) **Hojas:** simples, opuestas decusadas, elípticas u oblongas, de 5-10 cm de longitud y 3-5 cm de ancho, los pecíolos de 1.5-2.5 cm de longitud, acanalados, las láminas enteras, el ápice agudo gruesamente acuminado, la base obtusa, la nervación pinnada, los nervios secundarios 12-15 pares, levemente impresos en la haz y en relieve en el envés, al igual que el nervio central, las axilas de los nervios secundarios con diminutos mechones de pelos o domatios en el envés (10x), las láminas cartáceas.

b) **Inflorescencias:** cimas terminales de 10-15 cm de longitud, provistas de numerosas flores.

c) **Flores:** hermafroditas, con cáliz y corola presentes, las flores de 1-1.5 cm de longitud, cuando tiernas envueltas totalmente en una bráctea decidua, que es normalmente eliminada primero por la flor central de cada trío de la cima, los pedicelos de 2-3 mm de longitud, pubescentes,

el cáliz provisto de 5-6 apéndices de 1 mm de longitud, la corola tubular-campanulada, 5-6-lobulada, pubescente en el interior, los estambres 5-6 , epipétalos en la comisura de los lóbulos, exsertos, las anteras dorsifijas, el pistilo con ovario ínfero, elipsoide-truncado, el estilo filiforme y el estigma bífido, exserto.

d) **Frutos y semillas:** cápsulas pequeñas, elipsoide-alargadas, de 5-8 mm de longitud, pubescentes en su superficie; abren en dos valvas cuando maduran, las semillas diminutas, aladas y alargadas, con el embrión en posición central.

e) **Fenología y reproducción:** registros de floración desde inicios de la estación seca hasta su final, entre Abril-Septiembre y fructificación a fines de ésta, entre Agosto-Septiembre.

1.2.4.5. Características y propiedades de la madera

La madera seca al aire presenta un color blanco cremoso, siendo un duramen ligeramente más oscuro con una tonalidad rojiza con un cambio gradual entre ellas, anillos de crecimientos que se distinguen a simple vista. Se presenta en bandas claras regulares, grano crespo a recto, textura compacta (Arostegui, 1975).

a) **Propiedades físicas**

- Densidad básica: 0.76 gr. / cm^3 (alta)
- Contracción volumétrica: 15%
- Contracción tangencial: 9%
- Contracción radial: 5%
- Relación T / R: 1.8 (baja) (Arostegui, 1987)
- Durabilidad natural: Resistente al ataque biológico

b) Propiedades mecánicas

- Módulo de ruptura en flexión: 723 kg/cm2
- Compresión paralela: 344 Kg/cm2
- Compresión perpendicular: 47 Kg/cm2
- Corte paralelo a las fibras: 87 Kg/cm2
- Dureza de lados: 2 Kg-m (Arostegui, 1987)

c) Usos

La madera es de muy buena calidad, dura, pesada, con grano recto a ondulado y textura fina de excelente durabilidad (Reynel et al. 2003). Es utilizado en mueblería, construcciones en general, vigas, columnas, postes, artículos de torneados, mangos de herramientas de labranza, en pisos, machihembrados. En la zona se utiliza con frecuencia como leña por su alto poder calorífico (Lao y Flores, 1972).

1.3. Definición de términos básicos

a) Acoplamientos. Son las uniones de piezas de madera donde el objetivo es aumentar el ancho del componente en dirección paralela al hilo de la madera, como sucede con las uniones machihembradas, a media madera y a tope entre otros varios (Román, 1979).

b) Cargas permanentes. La carga permanente es la acción cuya variación en el tiempo es despreciable en relación a sus valores medios o aquella para la cual la variación tiende a un valor constante (Norma Chilena Oficial – Nch 1537, 1986).

c) Cargas eventuales. Las cargas eventuales son todas aquellas cuya duración es inferior a tres meses consecutivos. Para el cálculo de estructuras en Chile se consideran, bajo condiciones normales, las siguientes cargas eventuales: cargas de nieve, viento y sísmicas (Norma Chilena Oficial – Nch 1537, 1986).

d) Cizalle. Es la medida de la capacidad de la pieza para resistir fuerzas que tienden a causar deslizamiento de una parte de la pieza sobre otra (Norma Chilena Oficial – Nch 1537, 1986).

e) **Defecto.** Cualquier irregularidad física o química o físico-química dela madera que afecta su aspecto, resistencia o durabilidad, determinando generalmente una limitación en su uso o aplicación (Proyecto CORFO-FONTEC, 2003).

f) **Deformación.** Desplazamiento de las partículas de un material, como resultado de la aplicación de una carga externa sobre él (Díaz, 2005).

a) **Dureza.** Es la oposición que ofrecen los materiales a alteraciones como la penetración, la abrasión, el rayado, la cortadura, las deformaciones permanentes; entre otras.

b) **Empalmes.** Son las uniones de piezas de madera en donde el objetivo es aumentar la longitud del componente en dirección del hilo de la madera, como sucede con las uniones dentadas o "finger - joint", rayo de Júpiter, espiga y horquilla, entre otros (Román, 1979).

c) **Ensamble.** Se trata de la unión de dos o más piezas de madera formando un ángulo diferente al de 180° (ni a lo largo ni paralelo como en los casos anteriores).

d) **Flexión.** En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras.

e) **Rajadura.** Separación de las fibras de la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza (Proyecto CORFO-FONTEC, 2003).

f) **Tensión máxima de cizalle paralelo a las fibras.** Carga por unidad de superficie que es necesaria para provocar la ruptura de la probeta. La falla se materializa como un deslizamiento de una parte de la probeta sobre otra adyacente, en el sentido de la fibra de la madera.

CAPITULO II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Método de investigación

El tipo de investigación es básica por estar orientada a la obtención y recopilación de información como base de conocimiento. De acuerdo al nivel de medición y análisis de información es una investigación tipo cuantitativo de nivel experimental ya que una variable fue manipulada con el fin de describir por qué se produce una situación particular.

El método usado en los procedimientos para determinar la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* (capirona) se ajustó a las especificaciones de la Norma Chilena Oficial NCh976.Of.86: Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de cizalle paralelo a las fibras. La clasificación de la resistencia al cizallamiento se realizó de acuerdo a la norma A.S.T.M D: 2555-76.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Constituido por 21,000kg (carga de un contenedor) de tarugos y trefilados de madera de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) fabricados en la empresa Maderas Peruanas S.A.C. de:

- 80 sacos de 25kg de la medida 6.1mm x 30mm.
- 80 sacos de 25kg de la medida 6.1mm x 40mm.
- 80 sacos de 25kg de la medida 8.1mm x 30mm.
- 80 sacos de 25kg de la medida 8.1mm x 40mm.
- 520 sacos de 25kg de otras medidas entre tarugos y trefilados.

2.2.2. Muestra

La muestra por población corresponde al método de muestreo probabilístico de tipo aleatorio por conglomerados. El primer conglomerado fueron 4 sacos de 25kg por medida escogidos al azar. El segundo conglomerado se formó de 250g de tarugos por medida. En el tercer conglomerado se seleccionó 20 tarugos por medida. En consecuencia la muestra se constituyó por los siguientes criterios:

Cuadro 03: Criterios de selección de la muestra

Diámetro del tarugo	Longitud del tarugo	Unidades	Poblaciones
6.1mm	30mm	20	P_1
6.1mm	40mm	20	P_2
8.1mm	30mm	20	P_3
8.1mm	40mm	20	P_4

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.3.1. Técnicas

La técnica empleada fue la observación, de acuerdo al protocolo experimental establecido en la Norma Chilena Oficial NCh976.Of.86.

2.3.2. Instrumentos

Se utilizó la ficha de observación estructurada para registrar los datos obtenidos en los ensayo por cada medida.

2.3.3. Equipos y materiales

a) Equipo

- Balanza analítica
- Vernier
- Prensa universal de pruebas Tinius Olsen de 150kN de capacidad.

b) Materiales

Para simular el ensamblaje de dos piezas de madera en los ensayos se fabricaron módulos de ensamble, formado por:

- 2 bases de madera en quinilla de 95mm x 95mm x 500mm.
- 01 tablilla de madera en quinilla de 15mm x 70mm x 200mm.
- 01 tablilla de madera quinilla de 20mm x 70mm x 200mm.

2.4. Procedimiento de recolección de datos

2.4.1. Trabajo de campo

2.4.1.1. Recolección de tarugos

- Las muestras de tarugos se extrajeron de la producción de primera calidad para un contenedor de la empresa Maderas Peruanas SAC. al 10% de contenido de humedad.

- En cada medida (producción de 80 sacos de 25kg por medida) se escogieron 4 sacos al azar, de cada saco se tomaron 25g de donde se escogieron 20 tarugos.

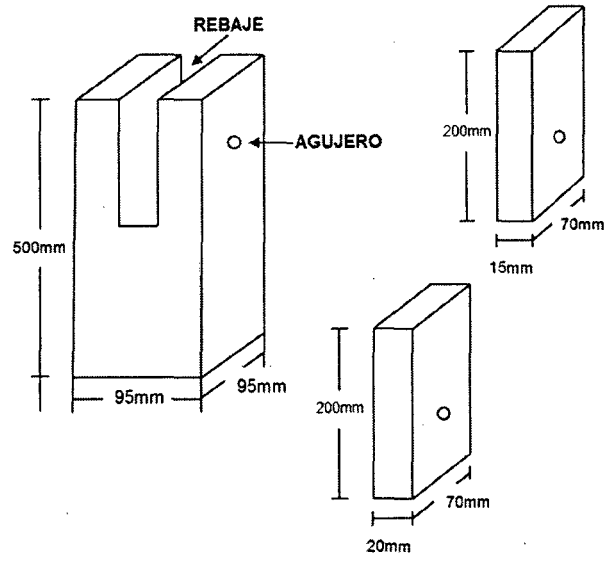
2.4.1.2. Diseño y fabricación de las piezas a ensamblar

Se fabricaron 2 módulos de ensayo de madera quinilla, la base presenta un corte central (rebaje) en uno de los extremos del largo de la pieza para fijar la tablilla. La base y las tablillas tienen un agujero (6.0 y 8.0) que permiten el ingreso a presión del tarugo (6.1 o 8.1) para sujetar ambas piezas.

Cuadro 04: Dimensiones de los módulos

Tarugo	Módulos	Ranura	Agujero
6.1mm	A	17mm x 95mm x 30mm	6.0mm
8.1mm	B	22mm x 95mm x 30mm	8.0mm

Gráfico 01. Módulo de ensayo



2.4.1. Trabajo de laboratorio

Para el trabajo en el laboratorio se consideraron algunos lineamientos indicados en la NCh976.Of.86: Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de cizalle paralelo a las fibras.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U.N.U.

a) Selección, medición y peso de tarugos para ensayos

- Se seleccionó 20 tarugos por medida, de primera calidad (sin picados y rajados, con hilos completos y bisel en ambos extremos).
- Los tarugos fueron medidos con un vernier para verificar sus dimensiones, luego fueron pesados en una balanza analítica para identificar la existencia de variaciones en el porcentaje de humedad que superen el 12% de lo descrito en la NCh976.Of.86.
- Los tarugos seleccionados para el ensayo, fueron codificados.

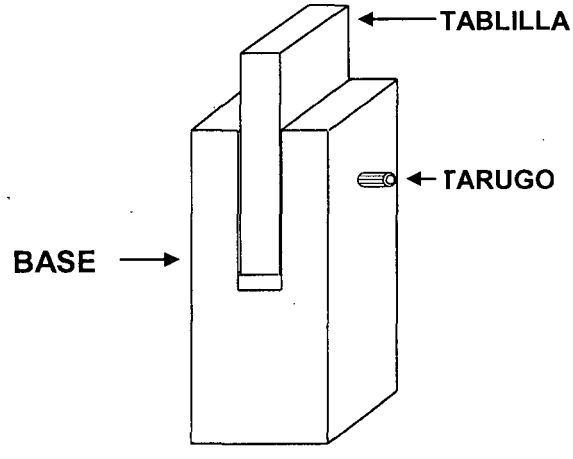
Cuadro 05: Codificación de tarugos

Diámetro del tarugo	Longitud del tarugo	Unidades	Codificación
6.1mm	30mm	20	Del 1T1 al 1T20
	40mm	20	Del 2T1 al 2T20
8.1mm	30mm	20	Del 3T1 al 3T20
	40mm	20	Del 4T1 al 4T20

b) Ensamble de las piezas de madera para los ensayos

Las piezas se ensamblaron como se observa en la figura:

Gráfico 02. Ensamble del módulo de ensayo



En los ensayos para determinar la resistencia al cizallamiento se aplicó la carga progresiva paralela con la prensa universal a la tablilla unida con el tarugo a la base del módulo de ensayo.

2.4.2. Evaluación y registro de resultados

El cálculo de la resistencia al cizallamiento se realizó mediante la fórmula establecida en la NCh973:

$$R_{cz} = P/A$$

Dónde, EC : Esfuerzo de cizalle, en kg/cm^2

P : Carga aplicada, en kg

A : Sección del tarugo de madera, en cm^2

2.4.3. Criterios para clasificar la resistencia al cizalle

La clasificación de la resistencia al cizallamiento del tarugo de madera se realizó de acuerdo a la norma ASTM D-2555-76 (Ver cuadro 01).

2.5. Tratamiento de datos

El análisis de varianza de la resistencia al cizallamiento se realizó con 2 factores (diámetro y longitud), cada uno con 2 niveles, es decir 4 tratamientos, 20 repeticiones y 80 unidades experimentales.

Cuadro 06: Análisis de varianza con 2 factores

Factor D: Diámetros = 2(D_1=*6.1mm*, D_2=*8.1mm*)	
Factor L: Longitudes = 2(L_1=*30mm*, L_2=*40mm*)	
Tratamientos: 4	$D_1 L_1$ $D_2 L_1$ $D_1 L_2$ $D_2 L_2$
Repeticiones = 20	
Unidades experimentales = 4 * 20 = 80	
Cada unidad experimental = 1 tarugo	

Las 80 unidades experimentales fueron seleccionadas al azar de 1kg de tarugos. Por cada diámetro se obtuvo 2 largos y en cada tratamiento se utilizó 20 tarugos.

Cuadro 07: Arreglo combinatorio

	L_1	L_2
D_1	$D_1 L_1$	$D_1 L_2$
D_2	$D_2 L_1$	$D_2 L_2$

Cuadro 08: Tratamientos

Tratamiento 1	D_1 L_1	20 repeticiones
Tratamiento 2	D_2 L_1	20 repeticiones
Tratamiento 3	D_1 L_2	20 repeticiones
Tratamiento 4	D_2 L_2	20 repeticiones

2.5.1. Prueba de normalidad

Para determinar si las observaciones siguen o no una distribución normal se utilizó el test de Shapiro-Wilk, basado en los criterios:

a) **P-valor ≥ α**→Aceptar H_0=Los datos derivan de una distribución normal.

b) **P-valor < α**→Aceptar H_1=Los datos no derivan de una distribución normal.

2.5.2. Igualdad de varianza

Para determinar la igualdad de varianzas entre las dimensiones de los tarugos de madera se utilizó la prueba de Levene.

2.5.3. Contraste de hipótesis

Se efectuó el análisis de varianza de dos factores de efectos fijos (Modelo I) que permitió estudiar simultáneamente los efectos de dos fuentes de variación (diámetro y longitud) y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas al 5% de significación.

Cuadro 09: Análisis de varianza de la resistencia al cizallamiento

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Diámetro (D)	D - 1	SCD	SCD/(D - 1)	CMD/CME
Longitud (L)	L-1	SCL	SCL/(L-1)	CML/CME
Interacción	(D - 1)(L - 1)	SCD*L	SCDL/(D - 1)(L - 1)	CMD*L/CME
Error (e)	DL(n-1)	SCe	SCe/DL(n-1)	
Total(T)	DLn - 1	SCT		

Para contrastar las hipótesis se calcularon los valores esperados de los distintos cuadrados medios, bajo los siguientes enunciados:

a) Interacción: Diámetro x Longitud

H_0: $\mu_{jk} - \mu_{jk} = \mu_{jk} - \mu_{jk}$ → No existe interacción

H_1: $\mu_{jk} - \mu_{jk} \neq \mu_{jk} - \mu_{jk}$ → Existe interacción entre los factores

Regla de decisión: Rechazar H_0 si el estadístico F cae en la zona crítica. Mantener H_0 en caso contrario.

b) Diámetro

H_0: $\mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_f$ → No existe diferencia significativa entre las medias del factor diámetro, es decir no hay efectos.

H_1: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq ... \neq \mu_f$ → Existe diferencia significativa entre las medias del factor diámetro, existe efectos.

Regla de decisión: Rechazar H_0 si el estadístico F cae en la zona crítica. Mantener H_0 en caso contrario.

c) Longitud

H_0: $\mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_c$ → No existe diferencia significativa entre las medias del factor longitud, es decir no hay efectos.

H_1: H_1: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq ... \neq \mu_f$ → Existe diferencia significativa entre las medias del factor longitud, existe efectos.

Regla de decisión: Rechazar H_0 si el estadístico F cae en la zona crítica. Mantener H_0 en caso contrario.

2.5.4. Análisis de correlación y regresión

Se realizó el análisis de correlación y regresión lineal con nivel de significancia de 5% para determinar la relación entre la resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) y sus dimensiones.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resistencia al cizallamiento de tarugos

Cuadro 10: Estadísticos descriptivos de los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) en base a la resistencia al cizallamiento

N = 80

Esfuerzo al cizalle (Kg/cm^2)				
Tarugos	**Diámetro 6.1mm (D_1)**		**Diámetro 8.1mm (D_2)**	
	Longitud 30mm (L_1)	**Longitud 40mm (L_2)**	**Longitud 30mm (L_1)**	**Longitud 40mm (L_2)**
1	5357.00	7018.00	23880.00	5551.00
2	4983.00	2622.00	21823.00	8125.00
3	5934.00	1996.00	28949.00	10391.00
4	6575.00	3927.00	19583.00	5885.00
5	5447.00	2635.00	23854.00	10570.00
6	5385.00	2674.00	23434.00	12320.00
7	5670.00	6353.00	18981.00	10021.00
8	5062.00	8584.00	19400.00	10563.00
9	9114.00	7410.00	18535.00	8105.00
10	4609.00	4696.00	18378.00	6032.00
11	8384.00	4462.00	20173.00	6445.00
12	5688.00	7997.00	25360.00	8272.00
13	10906.00	3418.00	26940.00	10885.00
14	10558.00	3053.00	18732.00	8567.00
15	10402.00	5127.00	19090.00	5600.00
16	9271.00	2239.00	20199.00	10119.00
17	11150.00	6288.00	19884.00	9750.00
18	7688.00	5583.00	17920.00	7987.00
19	6731.00	6223.00	26191.00	5384.00
20	8158.00	2805.00	19151.00	8596.00
$\dot{x}$	**7353.60**	**4755.50**	**21522.85**	**8458.40**
s	**9680.29**	**9044.53**	**14417.48**	**9135.30**
% CV	**131.64**	**190.19**	**66.99**	**108.00**

Fuente : Estadísticos descriptivos (Anexo 02)
Elaboración : Propia

Cuadro 11: Análisis de varianza de los valores de resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona)

Origen	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	P valor
Modelo corregido	3	3371368502.24	1123789501.75	182.95	.000
Intersección	1	8857987815.61	8857987816.61	1442.09	.000
D (Diámetro)	1	1597068728.11	1597068728.11	260.00	.000
L (Longitud)	1	1226577362.51	1226577363.51	199.69	.000
D * L	1	547722411.61	547722411.61	89.17	.000
Error	76	466828797.15	6142484.17		
Total	80	12696185115.00			
Total corregida	79	3838197299.39			

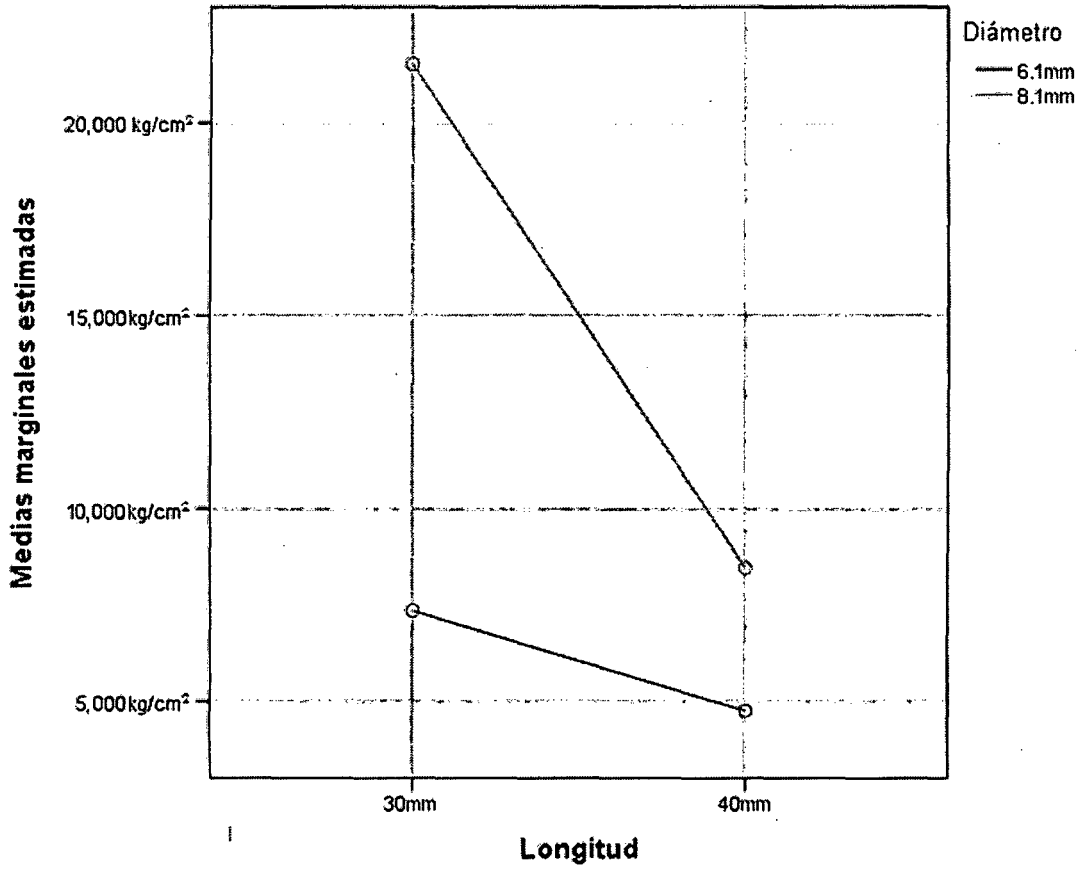
FUENTE : Análisis de varianza de dos factores (Anexo 03)

ELABORACIÓN : Propia

El análisis de varianza muestra las filas D, L, D*L que corresponde a la variabilidad de los efectos de cada factor y de la interacción entre ambos.

El valor estadístico (F_c = 89.17) que contrasta la interacción entre los factores es menor que el nivel 0.05 de significancia, por lo tanto la interacción entre ambos factores es significativa, la resistencia al cizallamiento promedio depende de la combinación diámetro y longitud del tarugo de madera empleada, de tal modo que no es posible comparar las longitudes sin considerar los diámetros del tarugo y viceversa.

Gráfico 03. Medias marginales estimadas de la resistencia al cizallamiento



FUENTE : Análisis de varianza de dos factores (Anexo 03)

ELABORACIÓN : Propia

En el gráfico aparecen representadas las medias de resistencia al cizallamiento calculadas en cada subgrupo resultante de combinar cada nivel del factor diámetro con cada nivel del factor longitud. La inspección de las líneas nos da una idea del significado de la interacción, en los grupos de los tarugos de 8.1mm la resistencia al cizalle parece mayor al de los grupos de 6.1mm de diámetro. Por lo que al observar la existencia de interacción, procedemos a realizar la prueba de medias para muestras independientes.

Cuadro 12: Prueba de muestras independientes de la resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) de 6.1x30mm y 8.1x30mm en el ensamble de piezas de madera

Dimensiones del tarugo	N	Media	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
6.1x30mm	20	7353.60	15905	38	.000	14169.25
8.1x30mm	20	21522.85				

FUENTE : Prueba T de Student para muestras independientes (Anexo 04)

ELABORACIÓN : Propia

En el cuadro 12, el P-valor es < α a nivel de 0.01, por lo que se acepta la H_1: "Existe diferencias altamente significativas entre las medias de la resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) de las dimensiones 6.1x30mm y 8.1x30mm. Es decir los valores de la resistencia al cizallamiento entre estas dimensiones son diferentes.

Cuadro 13: Prueba de muestras independientes de la resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera de Calycophyllum *spruceanum* Benth (capirona) de 6.1x40mm y 8.1x40mm en el ensamble de piezas de madera

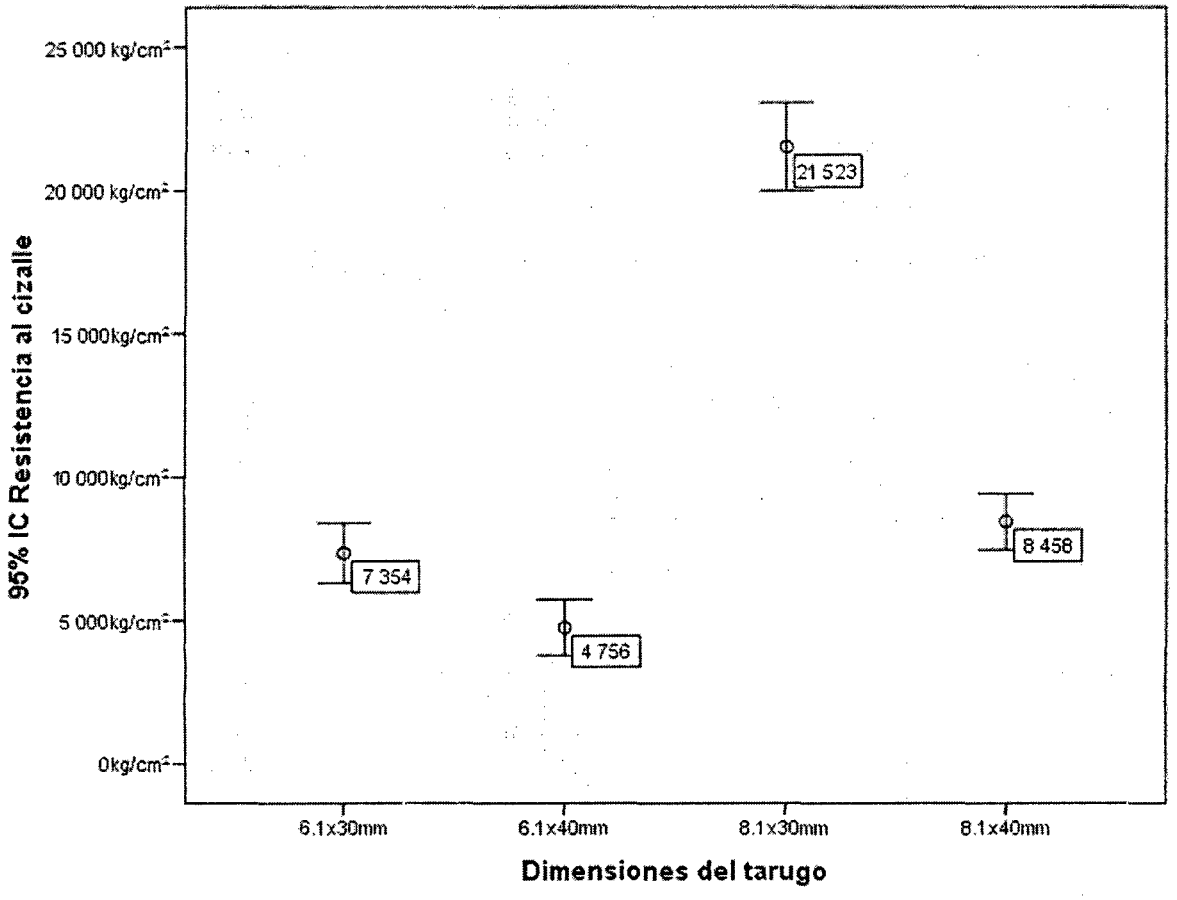
Dimensiones del tarugo	N	Media	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
6.1x40mm	20	4755.50	5.615	38	.000	3702.90
8.1x40mm	20	8458.40				

FUENTE : Prueba T de Student para muestras independientes (Anexo 04)

ELABORACIÓN : Propia

En el cuadro 13, el P-valor es < α a nivel de 0.01, por lo que se acepta la H_1: "Existe diferencias altamente significativas entre las medias de la resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) de las dimensiones 6.1x40mm y 8.1x40mm. Es decir los valores de la resistencia al cizallamiento entre estas dimensiones son diferentes.

Gráfico 04. Medias marginales estimadas de la resistencia al cizallamiento por tipo de tarugo de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona)



FUENTE : Prueba T para muestras independientes (Anexo 04)

ELABORACIÓN : Propia

3.2. Clasificación de la resistencia al cizallamiento de tarugos

Cuadro 14: Clasificación de la resistencia al cizallamiento del tarugo de madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) en el ensamble de piezas de madera según la Norma A.S.T.M. D-2555-76

Diámetro del tarugo (mm)	Longitud del tarugo (mm)	Promedios de la resistencia al cizallamiento (kg/cm^2)	Clasificación de resistencia al cizallamiento
6.1	30	7353.60	Muy alto
	40	4755.50	Muy alto
8.1	30	21522.85	Muy alto
	40	8458.40	Muy alto

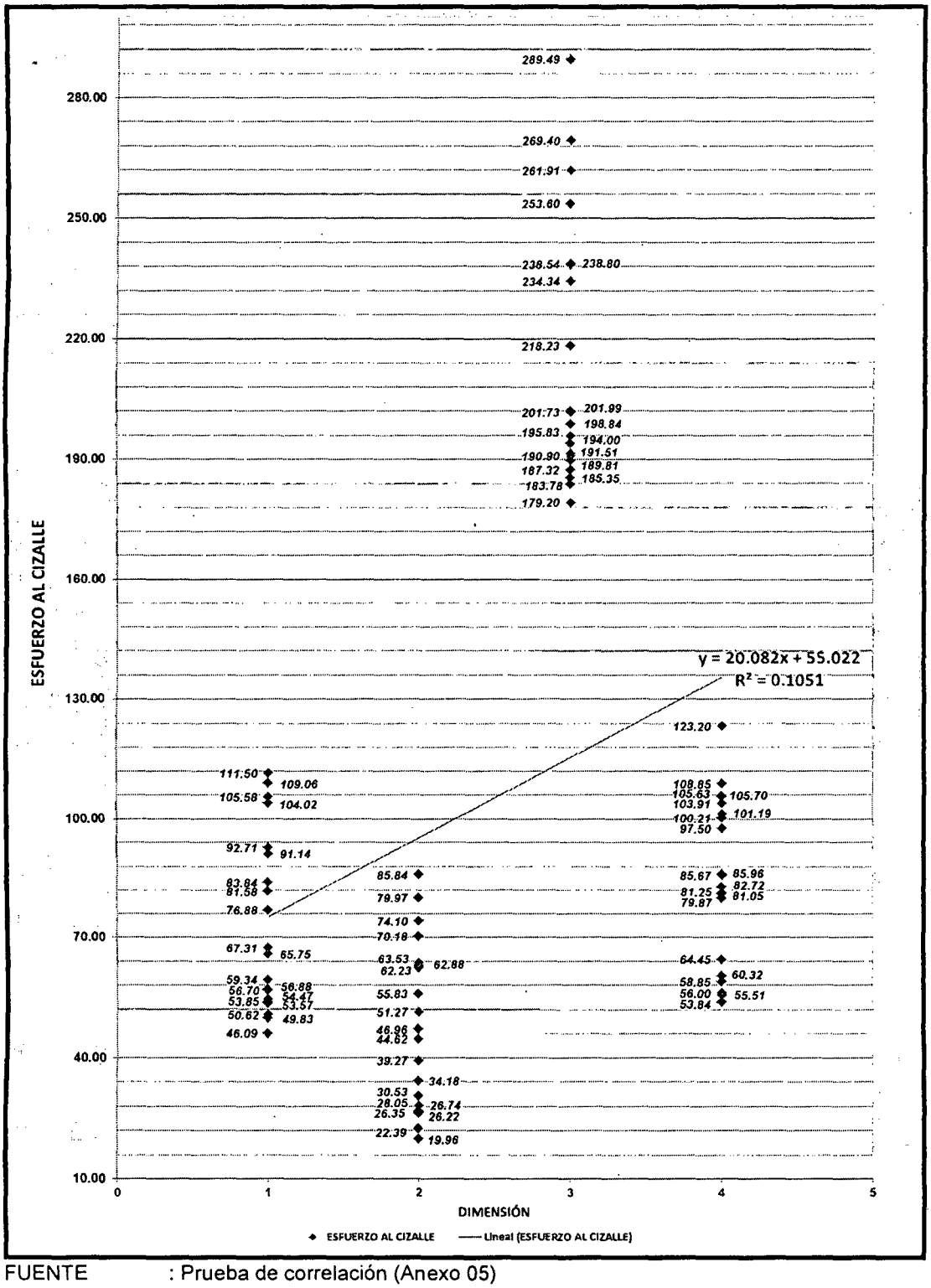
FUENTE : Estadísticos descriptivos (Anexo 02)
ELABORACIÓN : Propia

Según la clasificación de la Norma A.S.T.M. D-2555-76 los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) superan ampliamente el valor de $175kg/cm^2$ correspondiente a la clasificación de resistencia al cizallamiento muy alta en todas las dimensiones experimentadas, distinguiéndose el promedio de resistencia al cizallamiento de $21522.85kg/cm^2$ del tarugo de dimensión 8.1x30mm.

Los valores obtenidos como resultado de los ensayos en resistencia al cizallamiento al aplicar una carga perpendicular a la fibra del tarugo dependen directamente a la estabilidad de la estructura anatómica y molecular de la madera con que fue producido el tarugo, para el caso de la madera por ser un material anisotrópico los esfuerzos de resistencia difieren ostensiblemente.

3.3. Relación entre la resistencia al cizallamiento y las dimensiones del tarugo

Gráfico 05. Relación entre la resistencia al cizallamiento y las dimensiones del tarugo de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona)



FUENTE : Prueba de correlación (Anexo 05)

ELABORACIÓN : Propia

Cuadro 15: Análisis de correlación y regresión lineal entre la resistencia al cizallamiento y las dimensiones del tarugo de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona)

Variables	r	r^2 %	Ecuación	r_{tab} (0.01)	Nivel de significancia
Dimensiones vs Esfuerzo al cizalle	0.324	0.105	y = 20.082x + 55.022	0.286	**

FUENTE : Prueba de correlación (Anexo 05)

ELABORACIÓN : Propia

- Existe una relación altamente significativa entre la resistencia al cizallamiento y las dimensiones del tarugo, dicha relación indica que conforme las dimensiones del tarugo aumentan, los valores de la resistencia al cizallamiento se elevan en 20.08% por dimensión.

- El coeficiente de determinación indica que la resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera depende de sus dimensiones en un 10.5% y de otros factores en 89.5%.

CAPÍTULO IV. DISCUSIONES

La prueba de muestras independientes indica que existe diferencias altamente significativas entre las medias de la resistencia al cizallamiento de las diferentes dimensiones de los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona), estos resultados difieren de Apablaza (2006) en donde los análisis estadísticos demostraron que no existe diferencia significativa entre las cargas de rotura de los ensambles ensayados con respecto al tipo de tarugo, al tipo de estría y a la especie del tarugo nativo y tarugo pino.

De acuerdo a la Norma ASTM D-2555-76 la resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) es muy alta, estos resultados difieren de lo encontrado por Pantigoso (2011) en cuanto a la propiedad mecánica de cizallamiento de la madera de capirona (*Calycophyllum spruceanum*) cuyo promedio resulto en 103.34Kg/cm^2 considerado de resistencia media según criterios de Dávalos y Bárcenas (1999), estas diferencias podrían deberse a la incidencia de diversos factores sobre las como el peso específico, la desviación y dirección de las fibras, la nudosidad y el grado de humedad que CORMA (2003) establece sobre la resistencia, ya que no siempre resulta evidente el por qué las probetas de una especie maderera determinada, extraídas de diferentes árboles o de un mismo árbol muestran una pronunciada diferencia en su densidad y en su resistencia.

Existe una alta variabilidad por cuanto el coeficiente de variación supera el 90%, estos altos coeficientes de variación también se presentan en los resultados del estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de capirona (*Calycophyllum spruceanum*) realizado por Pantigoso (2011) respecto a los esfuerzos en clivaje (radial), tensión perpendicular (radial), y tenacidad la madera debido a que la variabilidad entre diferentes árboles y de la misma especie responde a diferencia genéticas, de ambiente o de ambas.

La metodología de los ensayos de resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) se ajustó a la Norma Chilena

NCh976.Of.86, donde especifica que los tarugos deben contener 10% de humedad para evitar variaciones en los resultados, la carga aplicada fue progresiva, el promedio de 21,522.85kg/cm2 en tarugos de 8.1x40mm fue el mejor resultado de resistencia al cizallamiento. Los procedimientos difieren de la investigación de Nuñez (2005) quien para determinar la resistencia al cizalle de tarugos de madera de *Pino radiata* estriados secos de 12mm de diámetro realizó sus procedimientos de acuerdo a la Norma Chilena NCh1198.Of.91, con un contenido de humedad entre 12 y 20% semejante al ambiente donde se realiza el trabajo y la carga se aplicó en etapas de 50kg. Con un tarugo de madera el promedio de resistencia es 50kg/cm2, con dos tarugos es 350kg/cm^2, con 3 tarugos es 450kg/cm^2, con 4 tarugos es 500kg/cm^2, con 5 tarugos 700kg/cm^2 y 6 tarugos de 900Kg/cm^2.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

- En cuanto a la resistencia al cizallamiento de tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) la interacción es significativa, la resistencia al cizallamiento depende del diámetro y longitud del tarugo de madera, de modo que no es posible comparar las longitudes sin considerar los diámetros del tarugo, y viceversa. La prueba de muestras independientes realizado entre las dimensiones de los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) 6.1x30mm y 8.1x30mm, y 6.1x40mm y 8.1x40mm indica que existe diferencias altamente significativas entre las medias de la resistencia al cizallamiento.

- La Norma ASTM D-2555-78 indica que los tarugos de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) de todas las dimensiones experimentadas son de resistencia al cizallamiento muy alta.

- Existe relación altamente significativa entre la resistencia al cizallamiento y las dimensiones del tarugo de madera *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona), dicha relación indica que conforme las dimensiones del tarugo aumentan, los valores de la resistencia al cizallamiento se elevan en 20.08% por dimensión. El coeficiente de determinación indica que la resistencia al cizallamiento de los tarugos de madera depende de sus dimensiones en un en un 10.5% y de otros factores en 89.5%.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

- Existen estudios para determinar la resistencia al cizallamiento en uniones de madera con pernos, clavos y adhesivos, mas no existe una norma que proponga las especificaciones para ensayos en la línea de tarugos de madera, por lo que es importante establecerlas ya que en la investigación pese a que se creía que la resistencia de la madera ya está dada, se ha demostrado de que existen diferencias estadísticamente significativas por cuanto los resultados dependen de las dimensiones de la probeta ensayada (tarugo).

- Los módulos de ensamble utilizados en los ensayos fueron de madera, se recomienda crear módulos con platinas para reducir las fallas por movimiento o flexión del módulo y disminuir el porcentaje de error.

- Se desconoce la procedencia de los tarugos usados en esta investigación con respecto al corte de la madera, por ende no se puede determinar si la resistencia al cizallamiento de un tarugo de corte radial difiere del corte tangencial. Por lo que sería interesante que las investigaciones que se realicen en esta línea tomen en cuenta el tipo de corte para determinar si la resistencia al cizalle depende del plano de corte para fabricar un tarugo, ya que existe referencia en otras líneas de investigación de elaboración de tablillas el corte tangencial tiene mejor comportamiento que el corte radial.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 1986. Anual book of standard Designación D: 2555-78.
- Apablaza, RJA. 2006. Resistencia mecánica en uniones larguero-travesaño, en puertas de Pinus radiata D. Don y de Pseudotsuga menziessi (Mirb) Franco (en línea). Tesis Ing. Maderas. Valdivia, CL, UAC. 53p. Consultado 03 ene- 2014. Disponible en http://cybertesis.uach.cl/ tesis/uach/2006/fifa639r/doc/fifa 639r.pdf
- Arias, D. 2002. Propiedades físicas y mecánicas de la madera *Pinus radiata* con uniones tipo "Finger-Joint" (en línea). Tesis Ing. Ejecución en Maderas. EC. UTE. 110p. Consultado 03 ene- 2014. Disponible en http://repositorio.ute. edu.ec/bitstream/123456789/10965/1/18505_1.pdf
- Arostegui, A. 1975. Estudio Tecnológico de maderas del Perú Vol. III, características y usos de 4 especies del Bosque Nacional Alexander Von Humbolt. Lima-Perú. UNALM.172 p.
- Arostegui, A. 1987. Estudio de Trabajabilidad de la Madera de Selva baja (Zona Pucallpa) IIAP-Pucallpa y CENFOR XII. Pucallpa. 7 p.
- CORMA (Coorporación Chilena de la Madera). Manual: construcción de viviendas en madera. 55 p.
- Gálvez, B. 2011. Madera estructural. Tipología y cálculo de uniones. Universidad Politécnica de Valencia. Madrid, España.
- Grupo Mobila. 2006. Glosario de carpintería y ebanistería para escuelas taller. Seguimiento, ampliación e intercambio-SAI. Valencia, España.
- INN (Instituto Nacional de Normalización, CL). 1986. Norma Chilena Oficial – NCh 973. Madera – Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de comprensión paralela.
- INN (Instituto Nacional de Normalización, CL). 1999. Norma Chilena Oficial NCh 1537. Of86: Madera – Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
- INN (Instituto Nacional de Normalización, CL). 1999. Norma Chilena Oficial NCh976.Of.86: Madera - Determinación de las propiedades mecánicas - Ensayo de cizalle paralelo a las fibras.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana, PE). 1999. Maderas del Perú (en línea). Consultado 03 ene. 2014. Disponible en

http://www.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/inia/inia-p4/inia-p4-25.htm#TopOfPage

- Lastra, JA. 1986. Compilación de las propiedades físico-mecánicas y usos posibles de 178 maderas de Colombia. Asociación Colombiana de Ingenieros Forestales (acif). Bogotá, BR. 257p.
- Lao, R. & Flores, S. 1972. Árboles del Perú: Descripción de algunas especies forestales de Jenaro Herrera - Iquitos. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria and Technical Cooperative of the Swiss Government. 195 p.
- Linares, C., Meneses, E. & Diaz, J. 1992. Monografía sobre Capirona: *Calycophyllum* spruceanum. Proyecto Forestal ITTO PD 37/88. Utilización industrial de nuevas especies forestales enel Perú. Cámara Nacional Forestal, Dirección General de Forestal y Fauna. Lima, Perú.
- MOOIB. Clavijas de madera - una pieza invisible de la historia. Consultado el 21-10-2013. Consultado 05 ene. 2014. Disponible en http://mooib.com/clavijas-de-madera---una-pieza-invisible-de-la-historia_8fab6.html
- Nuñez, V.U. 2005. Diseño, construcción y ensayo de una losa de madera unida con tarugos y su comparación con losas de madera postensada, clavada y encolada (en línea). Tesis Ing. Civil. Valdivia, CL. UAC. 144p. Consultado 05 ene. 2014. Disponible en http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcin973d/doc/bmfcin973d.pdf
- Nutsch, W. 2000. Tecnología de la Madera y el Mueble. Trad. por José Company. 13ª ed. Reverté S. A. ES. 509p.
- Pantigoso, José Armando. 2010. Propiedades físicas y mecánicas de la capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) hook ex Schumann) procedente de una plantación experimental en San Alejandro Ucayali – Perú. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE. UNALM. 120p. Consultado 03 ene. 2014. Disponible en http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/123456789/654
- Proyecto CORFO-FONTEC. 2003. Centro de transferencia tecnológica Pino radiata. Corporación Chilena de la Madera. Consultado 03 ene. 2014. Disponible en http://www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2007/04/comp-ing.pdf
- Reynel, C., Pennington, R., Pennington, T., Flores, C. & Daza, C. 2003. Árboles útiles de la Amazonía peruana. Lima, Perú. 509.

- Russell, J., Weber, J., Booth, A., Powell, W., Sotelo-Montes, C. & Dawson, I. 1999. Genetic variation of *Calycophyllum spruceanum* in the Peruvian Amazon Basin revealed by amplified fragment length polymorphism (AFLP) analysis in: Molecular Ecology. 8: 199-204.
- Sears, R., Ugarte, J. & Soudre, M. La autoecología y la ecología de *Calycophyllum spruceanum*, un árbol de la varzea amazónica in: IX Congreso Nacional de Botánica, Iquitos, Perú.
- Soberón, M., Pujol, M., Llergo, Y., Riera, S., Juliá, R., Domínguez, M. 2012. El Barceloneta I. Una embarcación medieval a tingladillo en Barcelona. Itsas Memoria. Revista de Estudios Marítimos del País Vasco, 7, Untzi Museoa-Museo Naval, Donostia-San Sebastián, pp.411-422
- Ugarte, J. 2004. Ensayo de progenie y procedencias de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en la cuenca del río Aguaytía, Ucayali, Perú in: V Congreso Nacional de Genética, Lima - Perú.
- Valera, J.P.A. 2005. Apuntes de física general. ME. UNAM. Consultado 03 ene. 2014. Disponible en http://books.google.com.pe/books?id=1ShJLuv8IHIC&pg=PA77&lpg=PA77&dq=un+conocimiento+profundo+del+comportamiento+mec%C3%A1nico+de+los+materiales+es+fundamental+para+el+dise%C3%B1o+confiable+de+cualquier+estructura&source=bl&ots=SqAXHyAJCP&sig=xpR4Q62mto1VB5J4Pmor6umrgqk&hl=es-419&sa=X&ei=jwNIVPPaBZfCggS78oKYDQ&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=un%20conocimiento%20profundo%20del%20comportamiento%20mec%C3%A1nico%20de%20los%20materiales%20es%20fundamental%20para%20el%20dise%C3%B1o%20confiable%20de%20cualquier%20estructura&f=false

ANEXOS

Anexo 01. Registro de los datos obtenidos en los ensayos

Grupo 01: Tarugos de 6.1x30mm

Grupo	Probeta	D (mm)	L (mm)	Peso	Carga Máx. (Kgf)	EC (kg/cm^2)
1	1	6.1	30	0.78	30.8	5357.00
1	2	6.1	30	0.78	22.9	4983.00
1	3	6.1	30	0.80	16.9	5934.00
1	4	6.1	30	0.70	37.8	6575.00
1	5	6.1	30	0.69	14.1	5447.00
1	6	6.1	30	0.80	19.5	5385.00
1	7	6.1	30	0.72	32.6	5670.00
1	8	6.1	30	0.76	29.1	5062.00
1	9	6.1	30	0.69	52.4	9114.00
1	10	6.1	30	0.70	26.5	4609.00
1	11	6.1	30	0.70	48.2	8384.00
1	12	6.1	30	0.84	21.2	5688.00
1	13	6.1	30	0.78	62.7	10906.00
1	14	6.1	30	0.68	60.7	10558.00
1	15	6.1	30	0.76	59.8	10402.00
1	16	6.1	30	0.68	53.3	9271.00
1	17	6.1	30	0.71	64.1	11150.00
1	18	6.1	30	0.70	44.2	7688.00
1	19	6.1	30	0.69	38.7	6731.00
1	20	6.1	30	0.82	46.9	8158.00

Grupo 02: Tarugos de 6.1x40mm

Grupo	Probeta	D (mm)	L (mm)	Peso	Carga Máx. (Kgf)	EC (kg/cm^2)
2	1	6.1	40	0.86	53.8	7018.00
2	2	6.1	40	0.88	20.1	2622.00
2	3	6.1	40	0.79	15.3	1996.00
2	4	6.1	40	0.78	30.1	3927.00
2	5	6.1	40	0.76	20.2	2635.00
2	6	6.1	40	0.80	20.5	2674.00
2	7	6.1	40	0.85	48.7	6353.00
2	8	6.1	40	0.95	65.8	8584.00
2	9	6.1	40	0.82	56.8	7410.00
2	10	6.1	40	0.88	36.0	4696.00
2	11	6.1	40	0.89	34.2	4462.00
2	12	6.1	40	0.94	61.3	7997.00
2	13	6.1	40	0.79	26.2	3418.00
2	14	6.1	40	0.93	23.4	3053.00
2	15	6.1	40	0.87	39.3	5127.00
2	16	6.1	40	0.91	17.2	2239.00
2	17	6.1	40	0.80	48.2	6288.00
2	18	6.1	40	0.84	42.8	5583.00
2	19	6.1	40	0.94	47.7	6223.00
2	20	6.1	40	0.78	21.5	2805.00

Grupo 03: Tarugos de 8.1x30mm

Grupo	Probeta	D (mm)	L (mm)	Peso	Carga Máx. (Kgf)	EC (kg/cm^2)
3	1	6.1	30	1.19	182.3	23880.00
3	2	6.1	30	1.19	166.6	21823.00
3	3	6.1	30	1.28	221.0	28949.00
3	4	6.1	30	1.17	149.5	19583.00
3	5	6.1	30	1.31	182.1	23854.00
3	6	6.1	30	1.25	178.9	23434.00
3	7	6.1	30	1.41	144.9	18981.00
3	8	6.1	30	1.27	148.1	19400.00
3	9	6.1	30	1.37	141.5	18535.00
3	10	6.1	30	1.19	140.3	18378.00
3	11	6.1	30	1.30	154.0	20173.00
3	12	6.1	30	1.22	193.6	25360.00
3	13	6.1	30	1.34	282.0	26940.00
3	14	6.1	30	1.29	120.1	18732.00
3	15	6.1	30	1.27	115.2	19090.00
3	16	6.1	30	1.30	154.2	20199.00
3	17	6.1	30	1.23	151.8	19884.00
3	18	6.1	30	1.23	136.8	17920.00
3	19	6.1	30	1.20	123.6	26191.00
3	20	6.1	30	1.29	146.2	19151.00

Grupo 04: Tarugos de 8.1x40mm

Grupo	Probeta	D (mm)	L (mm)	Peso	Carga Máx. (Kgf)	EC (kg/cm^2)
4	1	6.1	40	1.21	56.5	5551.00
4	2	6.1	40	1.61	82.7	8125.00
4	3	6.1	40	1.67	136.3	10391.00
4	4	6.1	40	1.64	59.9	5885.00
4	5	6.1	40	1.67	148.3	10570.00
4	6	6.1	40	1.44	125.4	12320.00
4	7	6.1	40	1.82	102.0	10021.00
4	8	6.1	40	1.42	117.7	10563.00
4	9	6.1	40	1.38	82.5	8105.00
4	10	6.1	40	1.47	61.4	6032.00
4	11	6.1	40	1.43	65.6	6445.00
4	12	6.1	40	1.51	84.2	8272.00
4	13	6.1	40	1.74	110.8	10885.00
4	14	6.1	40	1.64	87.2	8567.00
4	15	6.1	40	1.67	57.0	5600.00
4	16	6.1	40	1.69	103.0	10119.00
4	17	6.1	40	1.58	119.6	9750.00
4	18	6.1	40	1.79	81.3	7987.00
4	19	6.1	40	1.40	54.8	5384.00
4	20	6.1	40	1.45	87.5	8596.00

Anexo 02. Estadísticos descriptivos

Descriptivos

Dimensiones del tarugo			Estadístico	Error típ.
Resistencia al cizalle	6.1x30mm	Media	7,353.60	4.96588
		Intervalo de confianza para la media al 95% Límite inferior	6,314.23	
		Límite superior	8,392.97	
		Mediana	6,653.00	
		Varianza	4,932.00	
		Desv. típ.	22,208.10	
		Mínimo	46.09	
		Máximo	111.50	
		Asimetría	,499	,512
		Curtosis	-1,271	,992
	6.1x40mm	Media	4,755.50	4.63974
		Intervalo de confianza para la media al 95% Límite inferior	3,784.39	
		Límite superior	5,726.61	
		Mediana	4,579.00	
		Varianza	4,305.44	
		Desv. típ.	20,749.57	
		Mínimo	19.96	
		Máximo	85.84	
		Asimetría	,336	,512
		Curtosis	-1,191	,992
	8.1x30mm	Media	21,522.85	7.39601
		Intervalo de confianza para la media al 95% Límite inferior	19,974.85	
		Límite superior	23,070.85	
		Mediana	20,028.50	
		Varianza	10,940.20	
		Desv. típ.	33,075.97	
		Mínimo	179.20	
		Máximo	289.49	
		Asimetría	,910	,512
		Curtosis	-,382	,992
	8.1x40mm	Media	8,458.40	4.68631
		Intervalo de confianza para la media al 95% Límite inferior	7,477.54	
		Límite superior	9,439.26	
		Mediana	8,419.50	
		Varianza	4,392.30	
		Desv. típ.	20,957.82	
		Mínimo	53.84	
		Máximo	123.20	
		Asimetría	-,053	,512
		Curtosis	-1,107	,992

Anexo 03. Análisis de varianza de dos factores

Diámetro (Factor D)	i	2
Longitud (Factor L)	j	2
Repeticiones	n	20
Unidades experimentales	N	80
Interacción (DxL)	i, j	1
Error	r	76
Total	t	79

Factores inter-sujetos

		Etiqueta del valor	N
Diámetro	1,00	6.1	40
	2,00	8.1	40
Longitud	1,00	30mm	40
	2,00	40mm	40

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Resistencia al cizalle

Diámetro	Longitud	Media	Desviación típica	N
6.1	30mm	7,353.60	2,220.81	20
	40mm	4,755.50	2,074.96	20
	Total	6,054.55	2,496.22	40
8.1	30mm	21,522.85	3,307.59	20
	40mm	8,458.40	2,095.78	20
	Total	14,990.63	7,157.78	40
Total	30mm	14,438.23	7,694.90	40
	40mm	6,606.95	2,784.44	40
	Total	10,522.59	6,970.28	80

CUADRO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Resistencia al cizalle

Origen	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Modelo corregido	3	3371368502.24	1123789501.75	182.954	.000
Intersección	1	8857987815.61	8857987816.61	1442.086	.000
D	1	1597068728.11	1597068728.11	260.004	.000
L	1	1226577362.51	1226577363.51	199.688	.000
D * L	1	547722411.61	547722411.61	89.170	.000
Error	76	466828797.15	6142484.17		
Total	80	12696185115.00			
Total corregida	79	3838197299.39			

a. R cuadrado = ,878 (R cuadrado corregida = ,874

Anexo 04. Prueba T de Student para muestras independientes

a) Análisis de las dimensiones 6.1x30mm y 8.1x30mm

Estadísticos de grupo

	Dimensiones del tarugo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Resistencia al cizalle	6.1x30mm	20	7,353.60	2,220.80982	496.58817
	8.1x30mm	20	21,522.85	3,307.59660	739.60108

Prueba de muestras independientes

Resistencia al cizalle	Prueba T para la igualdad de medias						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
						Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	-15,905	38	,000	-14,169.250	890.848	-15,972.677	-12,365.823
No se han asumido varianzas iguales	-15,905	33,237	,000	-14,169.250	890.848	-15,981.202	-12,357.298

b) Análisis de las dimensiones 6.1x40mm y 8.1x40mm

Estadísticos de grupo

	Dimensiones del tarugo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Resistencia al cizalle	6.1x40mm	20	4,755.50	2,074.96	463.974
	8.1x40mm	20	8,458.40	2,095.78	468.631

Prueba de muestras independientes

Resistencia al cizalle	Prueba T para la igualdad de medias						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
						Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	-5,615	38	,000	-3,702.900	659.460	-5,037.907	-2,367.893
No se han asumido varianzas iguales	-5,615	37,996	,000	-3,702.900	659.460	-5,037.911	-2,367.889

Anexo 05. Prueba de correlación

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N
Resistencia al cizalle	105.2259	69.70278	80
Dimensiones del tarugo	2,5000	1,12509	80

Correlaciones

		Resistencia al cizalle	Dimensiones del tarugo
Correlación de Pearson	Resistencia al cizalle	1,000	,324
	Dimensiones del tarugo	,324	1,000
Sig. (unilateral)	Resistencia al cizalle	.	,002
	Dimensiones del tarugo	,002	.
N	Resistencia al cizalle	80	80
	Dimensiones del tarugo	80	80

Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
				Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
,324[a]	,105	,094	66.36071	,105	9,158	1	78	,003

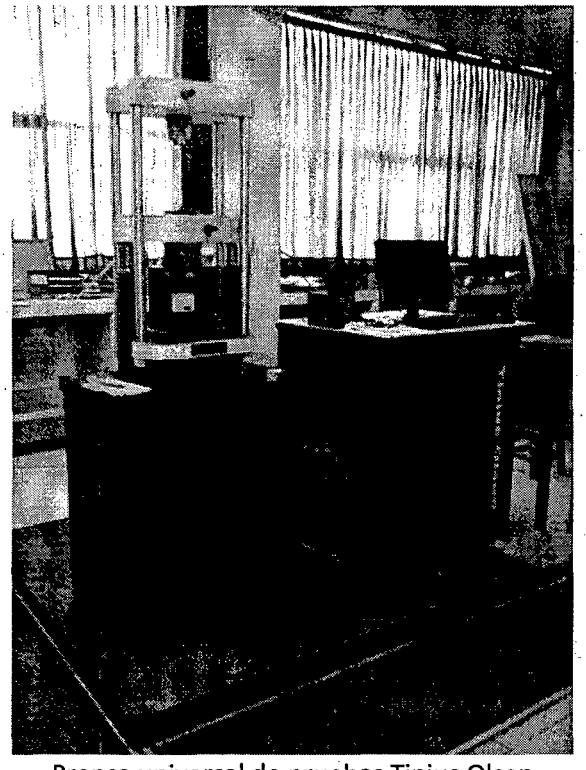
a. Variables predictoras: (Constante), Dimensiones del tarugo

Correlaciones

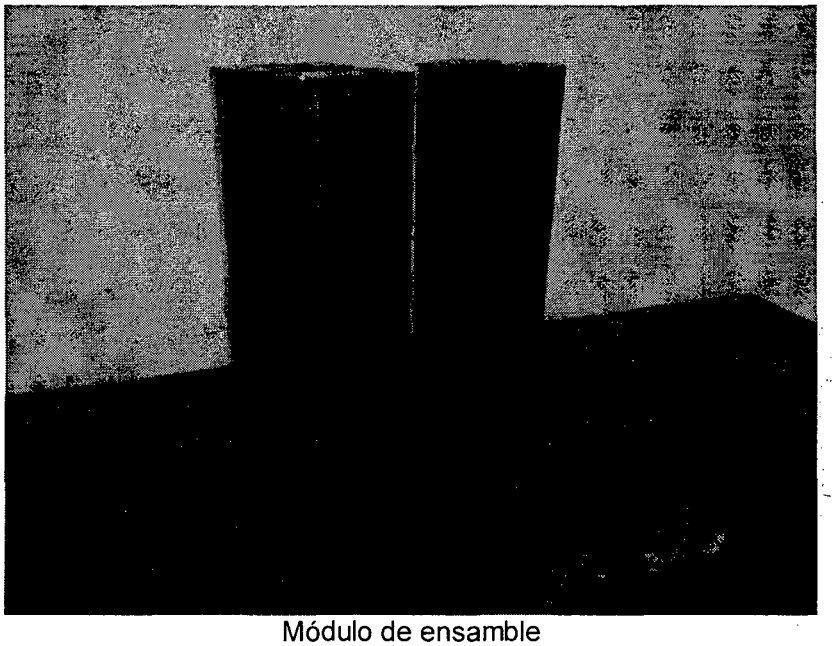
		Resistencia al cizalle	Dimensiones del tarugo
Resistencia al cizalle	Correlación de Pearson	1	,324**
	Sig. (bilateral)		,003
	N	80	80
Dimensiones del tarugo	Correlación de Pearson	,324**	1
	Sig. (bilateral)	,003	
	N	80	80

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Anexo 06. Infografía

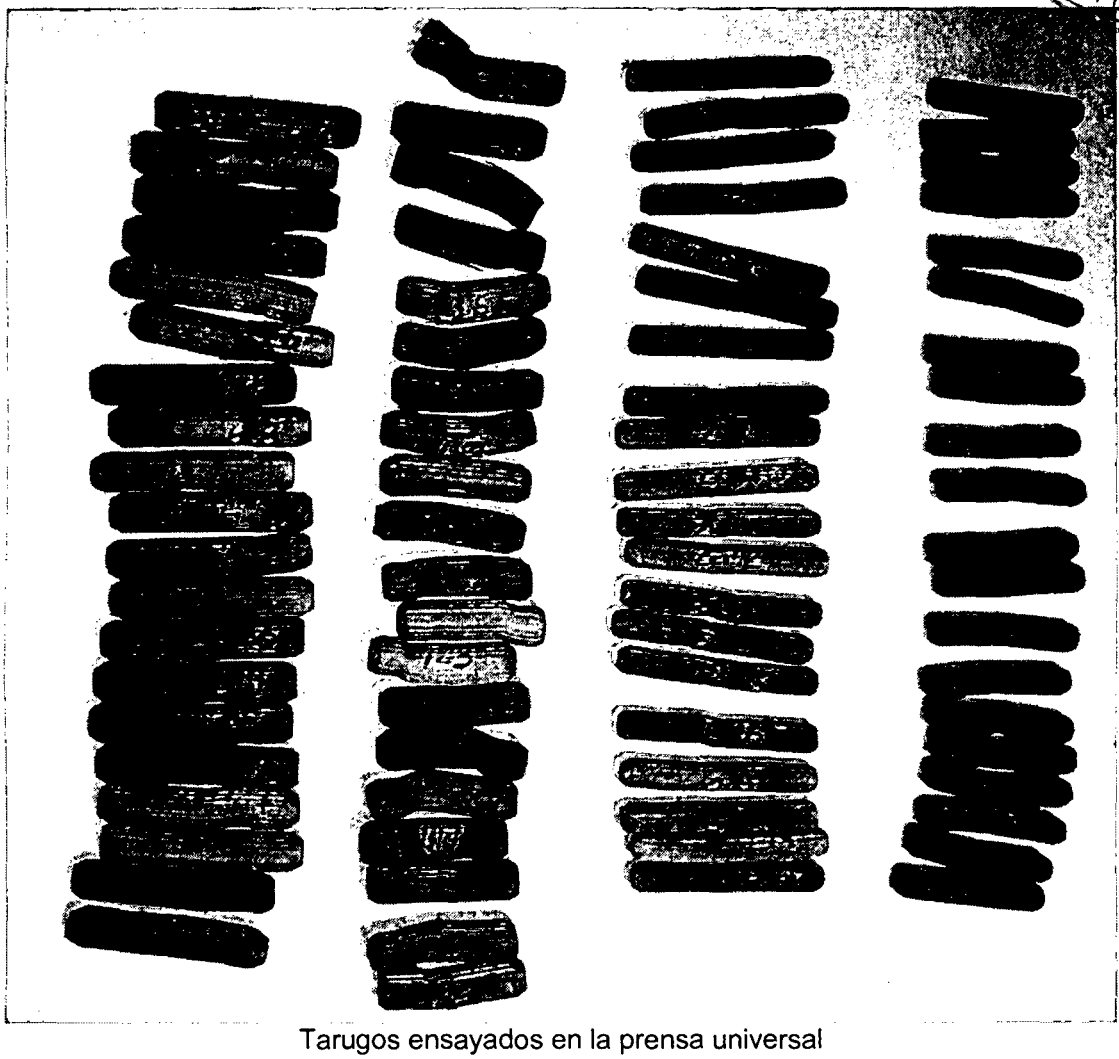


Prensa universal de pruebas Tinius Olsen



Módulo de ensamble

DAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U.N.U.



Tarugos ensayados en la prensa universal