

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.- Introducción.-

El nombre bambú fue introducido por Carl Von Linne en 1778 a partir de la palabra india bambú o mambú. Los bambúes son plantas útiles y baratas que crecen en regiones tropicales y templadas de Asia y América; por lo cual se han desarrollado estrategias para la conservación, propagación y explotación de las partes vegetales comerciales de la misma.

En diversos países como ser: Japón, China, Malasia, Indonesia, Costa Rica, Puerto Rico, Venezuela, Colombia, Brasil, entre otros existen aproximadamente 1400 especies de cañas de bambú (INBAR, 1999) el cual es un recurso natural y son usados en infinidad de formas y maneras, tienen fortalezas y debilidades como corresponde a todo material orgánico. En términos de ingeniería, se observa con interés la posibilidad de aprovechar la caña brava "Chusquea Sp" como material de construcción. Pero en nuestro país, poco se conoce todavía, acerca del potencial de esta planta que ha tenido un gran uso, difusión e importancia en los países asiáticos principalmente.

Actualmente en Latinoamérica se utiliza los diferentes tipos de bambú, como material de construcción en elementos de armaduras y pórticos para estructuras de cubiertas, puentes y edificaciones, aunque aún no exista una norma de diseño que contemple a la Chusquea Sp, como material estructural. De aquí es donde nace el interés de este estudio, para analizar el comportamiento cuando se somete a diferentes esfuerzos a la caña brava (Chusquea Sp), procedente de los bosques de la cordillera de Sama, del Departamento de Tarija.

1.2.- Antecedentes.-

El uso de los diferentes tipos de bambúes, como material de construcción tiene una tradición muy grande especialmente en los países asiáticos, ya que son considerados como una de las plantas más útiles del mundo la cual tiene diferentes formas de ser usado, los culmos secos se emplean en la construcción de casas, cubiertas, puentes y balsas entre otras; mientras que los culmos verdes se utilizan sobre todo en la elaboración de canastos, esteras, o para realzar la belleza de las aldeas, así mismo los brotes renuevos se aprovechan para elaborar deliciosas preparaciones gastronómicas.

La quinta parte de las diferentes especies de bambú que se producen en el mundo crece en China, 300 variedades en una superficie total aproximada de 30000 km². No se sabe exactamente desde cuando se maneja el bambú en este país, pero el ideograma chino Zhu, que significa bambú, aparece grabado en cerámicas de la cultura neolítica Yangshao de hace unos seis mil años (Tairan, 1999)..

En Asia se considera al bambú como "Oro Verde" por ser un material resistente, liviano, versátil y económico a la vez, dependiendo de la especie de bambú se lo utiliza de diferente manera:

- En Hong Kong cerca del 80 % de los rascacielos, nacen dentro de un andamiaje de bambú debido a que es más rápido y barato que usar acero, dice Chin Kwong Keang instructor de los "hombre araña" quiénes son los que trepan por los andamios hechos de bambú (Hutchison 2002) (Figura N°1.1)



Figura 1.1
Andamios de bambú, fuente Hutchison (2002)

- En Ubad, Bali, Linda Garland dice: "Cultive su casa" si siembra 20 m² de bambú y cinco años después cosechara dos construcciones de 8 x 8 metros (Hutchison 2002) (Figura 1.2)

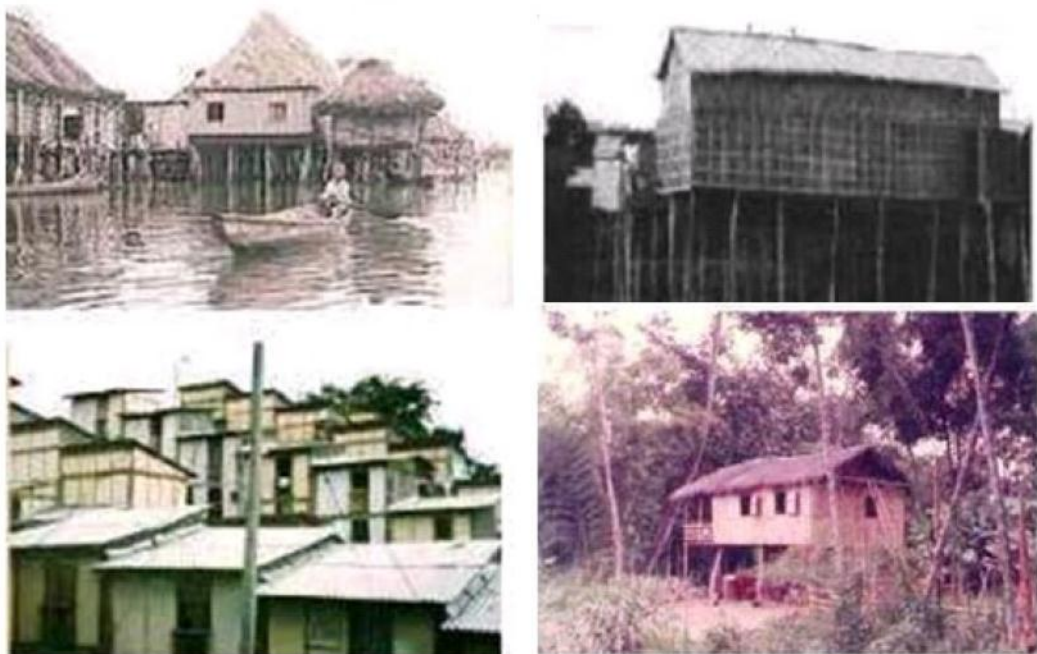


Figura 1.2
Casas de bambú, fuente Hutchison (2002)

- El doctor Felizardo Virtucio, de la oficina de investigación y desarrollo de ecosistemas, de Laguna, Filipinas, cultiva varias especies de bambú dependiendo de la inclinación de la ladera para recuperar tierra devastada por la erupción del monte Pinatubo. “La red de raíces entrelazadas estabiliza las riberas de los ríos y previene la erosión de los suelos” explica (Hutchison, 2002) (Figura 1.3)

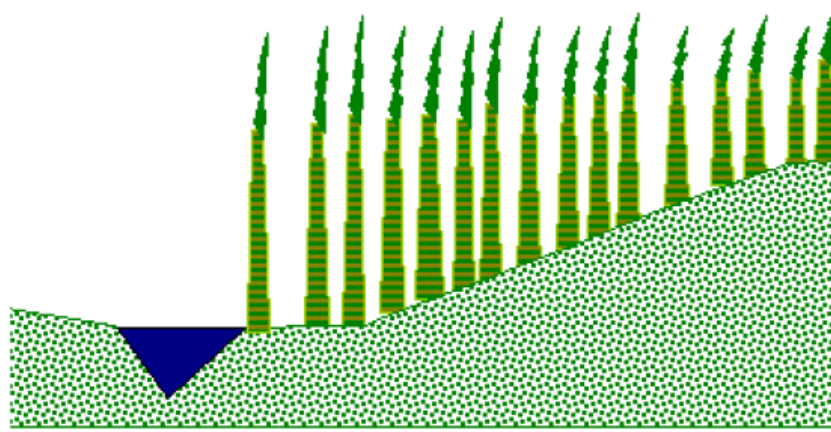


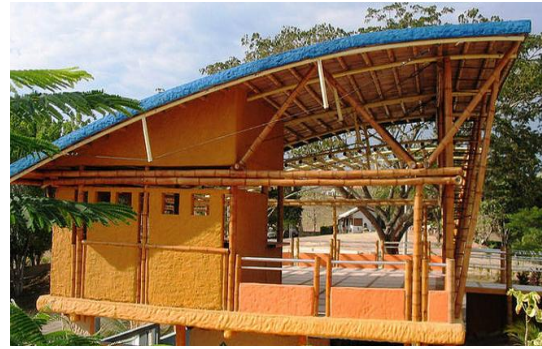
Figura 1.3
Estabilización de suelos con cultivos de bambú, fuente Hutchison (2002)

En América Latina el bambú ha sido llamado “La hierba mágica”, “Acero vegetal”, “Madera del pobre” entre otros calificativos, que evidencian su gran potencial. Lo emplean en construcciones rurales comúnmente en las paredes de adobe reforzadas con bambú, también se lo emplea como andamios, estructuras para cubiertas o se las corta en tiras que luego serán pegadas formando paneles que sirve como pared o pisos. Su uso es tan antiguo que, según Moran (1985) en su documento “Uso del bambú en el Ecuador” afirma que se han encontrado improntas de bambú en construcciones que se estima tienen 9400 años de antigüedad.

La república de Colombia es el máximo exponente en la proyección de usos del bambú, se la emplea para edificaciones de viviendas, de escuelas, centros de salud, puentes y edificios públicos entre otros. (Vélez 2001). Actualmente se lo considera a este país el precursor en la utilización de este material, algunas de las estructuras construidas con bambú podemos observarlas en la figura 1.4



a) Puente tradicional de bambú



b) Casa construida de bambú



c) Est. de cubierta hecha de bambú



d) Pabellón "ZERI"

Figura 1.4

Construcciones de bambú en Colombia, fuente Obermann y Laude (2004)

El país de Ecuador comparte con Colombia, aunque en menor proporción, la fortuna de contar con este maravilloso recurso natural de construcción como es el bambú. El "Proyecto Viviendas del Hogar de Cristo", es una de las experiencias más importantes en el área de construcción ecuatoriana con bambú. Fue establecido en 1970 por el sacerdote Francisco Gracia, que consistía en fabricar viviendas de bambú en una pequeña planta de producción apoyada en guaduales, para personas de bajos recursos (Moran, 1985), hasta la fecha se han entregado más de 16000 viviendas a un costo muy económico (Vélez, 2001)

Brasil es el país que presenta mayor grado de endemismo y diversidad de bambúes en Latinoamérica (Londoño, 2002). Este hecho ha incentivado a muchos investigadores a realizar estudios acerca de los usos que se puede dar a esta planta, entre los que podemos mencionar a:

- Martenesi (1986) en su tesis de maestría “Características dos bambús e sua utilização como material alternativo no concreto”.
- Acha (2002) en su tesis de maestría “Estudio teórico experimental a flexão de lajes de concreto reforçadas com bambú”

Costa Rica a comienzos de los años 80, se hallaba con una problemática de construcción que estaba destruyendo el 1% anual del recurso forestal de madera. Para dar solución a este tema se abocaron a la realización de un gran proyecto nacional bautizado como el Proyecto Nacional de Bambú (PNB), iniciado en 1987. Introduciendo el uso del bambú como material de construcción en el país, como consecuencia de esta decisión fue posible proceder a la creación de casas construidas en bambú en diferentes áreas rurales y suburbios. Pero un suceso inesperado contribuyó a reforzar el éxito de este proyecto, las viviendas construidas con un armazón de bambú reforzado con hormigón, resistieron satisfactoriamente el violento terremoto de 7.5 grados de intensidad que estremeció Costa Rica en 1992 en contraste con el colapso de casas de madera vecina de construcción tradicional. (Vélez, 2001)

En Venezuela, el arquitecto Alonso Barreto realizó una investigación orientada al aprovechamiento de las potencialidades del bambú como material sustentable para la construcción de techos en vivienda de bajo costo, con el fin de formular los principios para el desarrollo de un sistema de techo, que responde a las características de: amenaza sísmica y clima tropical. (Vélez, 2001)

En Bolivia el Grupo Tacuara Bolivia, Abril 2003, mostró al bambú como un material alternativo que ofrece soluciones acordes con las necesidades de vivienda de los habitantes de Bolivia, sin renunciar a una estética armónica y coherente (Urioste 2005) (Figura 1.5)



Figura 1.5

Construcciones de bambú en Bolivia. Eco Resort Colpa Caranda, fuente Urioste (2005)

Así mismo en el 2005 se presenta el proyecto de Turismo Comunitario en la Laguna paraíso en la Comunidad de Cristal mayu de Cochabamba – Bolivia, con el objetivo de proponer los beneficios técnicos sociales y económicos del bambú fomentando su manejo y aprovechamiento mediante una adecuada capacitación (Reque, 2005). Algunas construcciones se aprecian en la figura 1.6



Figura 1.6

Construcciones de bambú en Bolivia. Complejo turístico Las Lagunas, fuente Urioste (2005)

1.3.- El problema.-

La caña brava (Chusquea Sp), es un material orgánico, que existe en nuestro medio, tanto en la cordillera de Sama, como también en la cordillera del Aguarague, el cual está siendo desaprovechado, ya que el mismo podríamos utilizarlo en elementos estructurales, como por ejemplo en estructuras reticulares, siendo este un sustituto a la madera convencional.

El desaprovechamiento de caña brava (Chusquea Sp), se debe a:

- La poca Información de las zonas en las cuales la crece y se desarrolla.
- El desconocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de la caña brava.
- Carencia de interés de las personas, para la investigación de las propiedades físico – mecánicas de dicha caña.
- El hábito que tienen las personas para utilizar la madera convencional en la construcción, y no así otras variedades de material orgánico como ser la caña.

De mantenerse esta situación no existirá un material orgánico estructural, el cual pueda sustituir a la madera, y por la demanda que presenta actualmente la madera, el mismo tiende a elevar su costo.

Para lograr un aprovechamiento de la caña brava, y poder emplearlo como material estructural, se debe realizar lo siguiente:

- Estudiar las propiedades físico – mecánicas, de la caña brava
 - Contenido de humedad
 - Peso específico
 - Flexión estática
 - Tracción paralela a la fibra
 - Compresión perpendicular al grano
 - Compresión paralela a la fibra.
- Para poder ser aplicado estructuralmente en:
 - Estructuras reticulares
 - Andamios

- Columnas
- Puntales
- Puentes
- Viviendas Económicas
- Materializar un manejo cultural (Agrícola – Forestal) practicando:
 - Zonificación y un mapeo de las Áreas en las cuales dicha caña brava crece.
 - Dar a conocer las propiedades de cultivo, crecimiento, corte, tratamiento, secado y almacenamiento.
 - Difundir en seminarios a estudiantes y/o profesionales las cualidades de la caña brava, y el beneficio que traería usarla.

1.4.- Objetivos.-

Los objetivos que se plantean en el presente trabajo son de carácter general y específicos:

1.4.1.- General.-

El objetivo general es el siguiente:

Determinar las propiedades físico – mecánicas de la Chusquea Sp, que crece en la cordillera de Sama, del departamento de Tarija, para demostrar la factibilidad estructural de su utilización como un material de construcción en estructuras reticulares.

1.4.2.- Específicos.-

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Identificar la especie de Chusquea, proveniente de la cordillera de Sama a través del Herbario de la Universidad Juan Misael Saracho.

- Ejecutar ensayos de laboratorio aplicando las normas COPANT¹ para la determinación de las propiedades físico – mecánicas, de la Chusquea, tales como: contenido de humedad, peso específico, compresión paralela a las fibras, flexión estática, tracción paralela a las fibras y el ensayo de extracción de clavos.
- Dar a conocer el uso y aplicaciones de la Chusquea Sp, en el campo de la construcción.
- Sugerir la edificación de estructuras con características técnicas, y metodológicas apropiadas, que nos permitan la utilización de la Chusquea sp.

1.5.- Justificación.-

Las razones por las cuáles se elabora el estudio propuesto son las siguientes:

1.5.1.- Teórica.-

En la actualidad la madera aún constituye una alternativa dentro del mundo de la construcción, por su gran potencial y por ser un recurso renovable, lo que incentiva a realizar investigaciones acerca de otras especies de origen vegetal, como es el caso de la caña brava (Chusquea Sp), que tiene las virtudes de ser fácilmente trabajable, liviano y resistente en aplicaciones constructivas.

1.5.2.- Práctica.-

En Bolivia existe información de casos particulares en donde se ha empleado al bambú como material de construcción, esto ha sido en proyectos pilotos los cuales no cuentan con un diseño estructural lo que provoca el sobredimensionamiento de la estructura con la premisa mejor que sobre a que falte .

Lo que se pretende con esta investigación es garantizar los diseños estructurales de las nuevas construcciones con la caña brava (Chusquea Sp), mediante el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de dicha caña.

¹ Comisión Panamericana de Normas Técnicas

1.5.3.- Metodológica.-

La metodología que se viene desarrollando en el presente estudio es el siguiente, primeramente nosotros recabamos todo la bibliografía existente en nuestro medio para lo cual se requiere revisar y seleccionar la misma. Luego se procederá a realizar la recolección de la muestras, ya que la misma se extraerá de la cordillera de Sama.

Se practicarán los ensayos en el laboratorio de Tecnología de la Madera, es importante mencionar que para la utilización de la madera, existen modelos de probetas estándares, sin embargo debido a que existe un sin fin de variedades de cañas, en esta no ocurre lo mismo, y por la falta de normativas, vigentes en nuestro país, se vio la necesidad de adaptar dichas probetas en función al diámetro, y el tipo de ensayo que se va a cumplir, para así de esta manera poder conocer de forma precisa que propiedades, características tiene la caña brava (*Chusquea Sp*) y de esta forma evaluar, analizar, sugerir, su aplicación en el campo estructural para así conseguir un nuevo material de construcción de origen vegetal.

1.6.- Alcance del estudio.-

1.6.1 Tipo de investigación

El estudio de las propiedades físico – mecánicas de la caña brava (*Chusquea Sp*), es un trabajo de investigación exploratorio, ya que actualmente en nuestro medio no existe ninguna información y/o normativas, manuales para aplicar esta caña en el campo de la construcción.

En el presente estudio trabajaremos con la caña brava (*Chusquea Sp*) que crece y se desarrolla en el departamento de Tarija (cordillera de Sama), a una altura sobre el nivel del mar de 2300 metros, cabe mencionar que este aporte tiene un alcance local, debido a que las propiedades tanto físicas como mecánicas de los distintos tipos de caña bambú, en este caso caña brava (*Chusquea Sp*), dependen directamente de las características ambientales in situ.

1.6.2 Hipótesis

Como parte del método de este trabajo, se planteara la siguiente hipótesis para responder la pregunta de investigación.

La caña brava nativa en la cordillera de Sama, es un material alternativo a la madera aplicado en la construcción de estructuras reticulares.

1.6.3 Restricciones o limitaciones

El campo de trabajo de investigación, está delimitado a estudiar:

Propiedades Físicas: Como ser el contenido de humedad y el peso específico.

Propiedades Mecánicas: Dentro de las cuales se estudiará: la resistencia a la flexión estática, resistencia a la tracción paralela a las fibra, resistencia a compresión paralela a las fibras sin nudo, resistencia a compresión paralela a las fibras con nudo, extracción de clavos, de la caña brava (*Chusquea Sp*), procedente de los bosques de la cordillera de Sama, del Departamento de Tarija.

Con las características estudiadas de la caña brava se pretende emplearlas en la construcción de estructuras reticulares, como principal interés del estudio, sin embargo sugerimos que también puede ser aplicado para puentes, para andamios, para puntales, así mismo como H° de Refuerzo (los cuáles no son objeto de nuestro estudio)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO LA CAÑA BRAVA “CHUSQUEA SP” COMO PLANTA

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO LA CAÑA BRAVA “CHUSQUEA SP” COMO PLANTA

2.1.- Definición de un chusquín



Figura 2.1
Chusqueal

A la chusquea se lo considera un pasto gigante y no un árbol como se acostumbra pensar. Pero a pesar de no ser un árbol la chusquea posee también tallo, ramas, hojas y flores, entonces, lo que le diferencia de un árbol, es el tiempo que les toma alcanzar su madurez maderable. La chusquea alcanza su madurez entre los 4 a 6 años, mientras que con las maderas que provienen de árboles tardan de 20 a 25 años para poder ser utilizadas.

Son brotes en forma de ramillas que salen de la planta madre cuando ha sido cortada, estas pequeñas plántulas están unidas mediante raíces al rizoma madre por convergencia a una profundidad aproximada de 15 cm., y diámetros que oscilan entre 0,1 y 1.5 mm. Los tallos del chusquín son delgados con alturas entre 10 y 40 cm y diámetros entre 1 y 3.5 mm.

Las chusqueas, son plantas perennes, rizomatosas, cañas leñosas o herbáceas desde pocos centímetros hasta 45 m. de altura, erectas o péndulas, a veces apoyantes o decumbentes, a menudo llevan vainas con láminas reducidas.

También, se dice que un chusquín es una degradación del cultivo, lo cierto es que estas pequeñas plántulas las encontramos en cultivos de bosques húmedos, donde la planta madre dará origen a un pequeño hijo, o en la mayoría de los casos los restos del material vegetal, por efecto de la humedad y altas temperatura, las yemas se activan y dan origen a un gran número de plántulas.

La chusquea es una gramínea nativa, de amplia distribución en América, donde ha cumplido un importante papel ambiental, sociocultural y económico. En el departamento de Tarija se le encuentra ampliamente dispersa, conformando rodales (chusqueales) casi puros que cumplen indiscutible efecto protector sobre el suelo, las aguas y las rondas de los ríos, contribuyendo a su recuperación y conservación.

Las chusqueas son plantas útiles y baratas que crecen en regiones tropicales y templadas; viven tanto en las selvas tropicales lluviosas, como en los “Cerrados” y en los bosques andino-patagónico, viven bajo la sombra densa en regiones húmedas y calurosas. Por lo cual otros países han desarrollado estrategias para la conservación, propagación y explotación de las partes vegetales comerciales de la misma. Esta gramínea ha sido utilizada tradicionalmente como material de construcción para viviendas y otras estructuras de bajo costo en zonas rurales, porque además de una buena resistencia, conjuga armónicamente con el entorno y el medio ambiente.

El género chusquea se considera el económicamente el más interesante de América Latina, donde se encuentra ocupando áreas aledañas a ríos y quebradas, y en los valles entre montañas formando las asociaciones llamadas **Chusqueales**”.

La chusquea, es una de las más recomendada para el trópico, por ser nativa, endémica de estas zonas; lo que implica que en Sudamérica y Centroamérica su cultivo es ideal y de fácil desarrollo.

2.1.1- Etimología.-

La palabra chusque viene del muisca chusky, que según manuscritos coloniales significa "Caña ordinaria de la tierra". Al parecer el nombre científico fue asignado por José Celestino Mutis durante la Expedición Botánica.

La caña brava (*Chusquea* Sp), es una caña cuyo tejido presenta características y una estructura celular lignificada muy similar al tejido de la madera, sin embargo no es una madera propiamente dicha, también cabe resaltar que tiene cualidades similares al hierro, puede ser tan resistente pero mucho más flexible y su costo es infinitamente menor.

2.1.2.- Clasificación taxonómica.-

Taxonomía en botánica, es la ciencia que cataloga a las plantas en unidades sistemáticas. Entonces todas las plantas pertenecen a una especie dada, reunidas en géneros, estos a su vez agrupados en familias para luego ordenarlos en grupos u órdenes. Esta categorización puede observarse en el cuadro 2.1, en dónde se resalta la clasificación de la *Chusquea* Sp.

2.1.2.1.-Clasificación científica.-

Clasificación Científica	
Reino	Vegetal
División	Tracheophytae
Subdivisión	Anthophyta
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotiledoneae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Bambusoideae
Supertribu	Bambusodae
Tribu	Bambuseae
Subtribu	Chusqueinae
Genero	Chusquea
Variedad	Bicolor

Forma	Castilla, Cebolla, Cotuda, Rayada
Nombre Científico	Chusquea Sp

Cuadro 2.1
Clasificación científica, fuente Londoño (2006)

Chusquea es un género de plantas de la familia de las gramíneas (Poaceae), Subfamilia Bambusoideas, súper tribu Bambusodea. Se han clasificado más de 40 géneros con cerca de 450 especies, la mayoría de montaña, nativos del sur de México al sur de Chile y Argentina. En los ecosistemas de páramo de los Andes se denomina chusquea. Los tallos de estas especies son sólidos y no huecos.

En el Departamento de Tarija existen algunas especies pero en especial hay una muy importante y que se la puede ver a simple vista.

Nombre científico: Chusque Sp.

Nombre vulgar: caña brava (sin espinas)

Crece desde 0 m.s.n.m. hasta 2600 m.s.n.m., con temperaturas muy variables que van desde los 16° C. hasta los 36° C. soporta alta humedad ambiental.

No es muy exigente en suelo, aunque los prefiere francos, con ph neutros con tendencia a ligeramente ácidos.

En general la chusquea es cilíndrica maciza, con entrenudos que en la base son cortos y a medida que crece se van alargando.

Sus raíces son Paquí morfas las cuáles poseen yemas, las mismas que una vez que la planta alcanza su longitud total se activan y dan origen nuevos brotes o plántulas.

2.1.3.- Morfología general de la Chusquea Sp.-

El esquema básico de la Chusquea Sp, consiste en un sistema ramificado de ejes vegetativos segmentados, ver figura 2.2. Estos ejes pueden estar diferenciados, en rizomas, tallos o culmos y ramas. Cada eje consiste en una serie de nudos y entrenudos que se encuentran alternados entre sí, estos segmentos cambian su morfología dependiendo del lugar donde estén ubicados, es decir, si forman parte de la raíz, culmo o ramas.

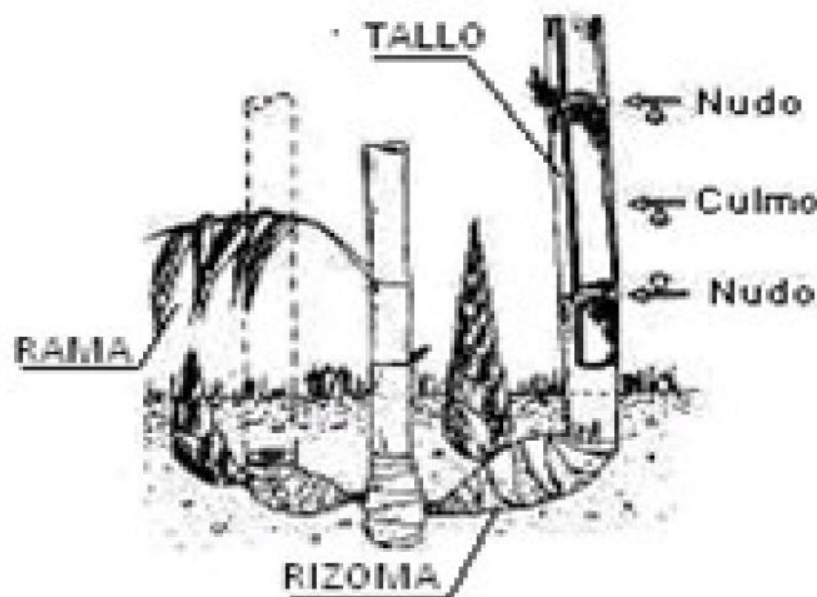


Figura 2.2
Esquema básico de la Chusquea Sp, fuente Vélez (2001)

Una característica que se observa en la Chusquea Sp, es que emerge del suelo con el diámetro que va a tener de por vida, el cual va disminuyendo proporcionalmente a la altura.

Debido a su naturaleza y a su floración infrecuente, se le ha dado mucha importancia para los estudios taxonómicos a estructuras morfológicas tales como rizoma, culmo, yema, complemento de rama, hoja caulinar y follaje las cuáles se tratan a continuación:

Rizoma: Es un eje segmentado subterráneo de color amarillo marfil, que constituye la estructura de soporte de la planta, del rizoma se generan las raíces y los tallos. El rizoma juega un papel importante en el almacenamiento de agua y la absorción de nutrientes, además es el elemento apto para la propagación asexual.

Culmo: Es el eje aéreo segmentado que emerge del rizoma de forma cilíndrica y cónica. El culmo consta de: Cuello, nudos y cañutos. Se le denomina cuello a la parte de unión entre el rizoma y el culmo, nudo a los puntos de unión de los cañutos; y cañuto a la porción del culmo comprendida entre dos nudos.

El culmo es la porción más útil de cualquier especie de bambú. De acuerdo a su estado de madurez los culmos tienen diferentes usos:

- Culmos jóvenes: Se utilizan sobre todo para la elaboración de canastos, esteras y canastones.
- Culmos maduros: Se les han reportado más de mil usos, los más importantes son como material de construcción (vivienda, puentes etc.), en las labores agropecuarias (corrales, cercos, etc.), en la fabricación de muebles y artesanías, en la producción de carbón vegetal, de textiles y de pulpa para papel.

Yema: Pueden ser activas o inactivas, de carácter vegetativo o reproductivo. En el culmo las yemas se localizan por encima de la línea nodal y en posición dística; rompen su inactividad generalmente cuando el culmo ha completado el crecimiento apical. En algunos bambúes las yemas basales permanecen dormidas indefinidamente mientras que en otros las yemas del tercio medio no se desarrollan; a veces hay ausencia total de yemas en el primer tercio o en las $\frac{3}{4}$ partes del culmo. Las yemas son significativas en los estudios taxonómicos pues ayudan a identificar especies, secciones y géneros. También cumplen un papel muy importante en el campo de la biotecnología para la propagación "in Vitro".

Complemento de ramas: Las ramas se originan en la línea nodal, por encima de ésta o sobre un promontorio. La ramificación de los de los chusqueas varían mucho

durante los diferentes estados de desarrollo de la planta, sin embargo la forma más típica de ramificación se observa en la parte media de los culmos adultos. En algunas chusqueas las ramas basales se modifican y llegan a transformarse en espinas como sucede en la mayoría de las especies de bambú.

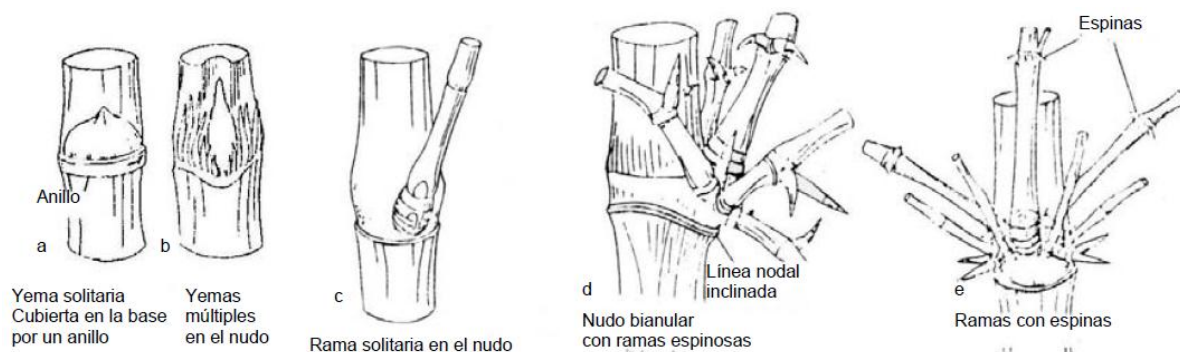


Figura 2.3
Tipos de nudos, yemas y ramificaciones, fuente Londoño (2006)

Hoja caulinar: Es la estructura que nace en cada nudo del culmo y tiene como función proteger la yema que da origen a las ramas y al follaje. Una hoja caulinar está constituida por dos partes: La vaina o parte basal y la lámina o parte distal.

Además de estas dos estructuras presenta: Apéndices como aurículas y fimbrias, lígula interna que es la estructura de unión entre la vaina y la lámina, y en ciertas ocasiones una faja o anillo en la base de la vaina que le sujeta fuertemente al culmo. Estas estructuras además de proteger las yemas del culmo, se utilizan para la fabricación de objetos artesanales y como elemento decorativo.

Follaje: Es la principal fuente de elaboración de alimento de la planta. En la mayoría de las gramíneas la hoja está constituida por vaina, lámina, y apéndices como aurículas y fimbrias. Es importante en los estudios en el ámbito anatómico.

2.2.-Condiciones ambientales para el desarrollo y cultivo de la chusquea.-

La chusquea posee amplio rango de distribución geográfica lo cual indica su adaptabilidad, hecho que está determinado por las condiciones

edafoclimáticas observaciones técnicas demuestran que el buen desarrollo de la planta está gobernada de manera directa por la calidad del sitio donde se amplifique, la precipitación y la temperatura.

2.2.1.-Temperatura.-

Es uno de los factores climáticos limitante en la distribución geográfica de esta especie. El rango óptimo oscila entre los 20 °C y los 26°C. Cuando se cultiva en lugares donde los rangos de temperatura se alejan del óptimo, los diámetros y las alturas de los tallos se reducen, afectándose notoriamente el desarrollo vegetativo a temperaturas bajas.

2.2.2.- Altitud.-

Crece entre los 0 y los 2000 metros sobre el nivel del mar, pero el desarrollo óptimo se logra entre los 900 y los 1600 m.s.n.m.

2.2.3.- Precipitación.-

Esta especie crece deficientemente en áreas donde la precipitación es inferior a 1200 mm anuales. Los mejores rodales de chusqueas, se presentan cuando el rango de precipitación se ubica entre los 2000 mm y los 2500 mm por año.

2.2.4.- Humedad relativa.-

Factor muy importante en el desarrollo de la especie. La humedad que más favorece el desarrollo de los bosques de guadua, está comprendida entre el 75 % y el 85%.

2.2.5.- Brillo solar.-

La luminosidad para un excelente desarrollo de la guadua debe estar comprendida entre 1800 y 2000 horas/luz/año (aproximadamente de 5 a 6 horas/luz/día).

2.2.6.- Vientos.-

Los vientos en las zonas donde se encuentra la guadua normalmente tienen entre 4.4 m/seg y se les denominan brisas débiles, hasta 12.3 m/seg o sea brisas fuertes.

Cuando los vientos superan los 22.6 m/seg, se comienzan a evidenciar daños mecánicos en los tallos de guadua.

2.2.7.- Nubosidad.-

Las nubes son el conjunto visible de partículas minúsculas de agua líquida o de hielo o de ambos a la vez, suspendidas en el aire. Los guaduales presentan mejor desarrollo cuando se tiene en promedio entre 1 y 4 octas con nubes.

2.3.- Preservación

La durabilidad de la chusquea es de uno a tres años, empleado en la construcción en contacto con el suelo, y de cuatro a siete años, si se utiliza en la partes interiores; la chusquea tratada puede durar como mínimo 15 años (hasta 20), aún en condiciones extremas, o hasta 30 – 50 años sin estar en contacto con la humedad. Preservar la chusquea, significa prolongar la vida del material y con ello la duración de la vivienda u objeto doméstico. Significa salvaguardar sus debilidades pero a la vez, valiosas inversiones (Moran 2000). En la preservación de chusqueas pueden ser aprovechados métodos no químicos o tradicionales y métodos químicos.

2.3.1.- Métodos tradicionales

2.3.1.1.- Preservación por inmersión en agua

Los culmos son echados a ríos poco turbulentos por varias semanas, y lastrados con piedras para sumergirlos. Por medio de este proceso el almidón y los azúcares son disueltos, y se mejora la absorción de preservantes por difusión y presión (Liese, 1985). Pero muchos estudios han demostrado que este método, provoca manchas en la chusquea, rajaduras en los nodos y además un excesivo tiempo en el agua, tiene como consecuencia, la disminución de sus propiedades físicas y mecánicas (Martenesi, 1986)

2.3.1.2.- Preservación mediante humo

El "Hollín" y el calor del humo actúan de manera simultánea; el hollín ennegrece los culmos y el calor del humo, provocan la destrucción o reducción de los almidones contenidos en las células del parénquima.

2.3.1.3.- Preservación mediante calor

Este sistema consiste en colocar el culmo, después de ser cortado, se giran sin quemarlo sobre el fuego; con eso se consigue matar cualquier insecto y al mismo tiempo endurecer la parte externa de la chusquea, tornándose menos propicia al ataque de los organismos (Martenesi, 1986). En Japón se colocan los culmos en cámaras a 120 – 150 °C por 20 min, porque se considera efectivo para la protección contra insectos xilófagos (Liese, 1985)

2.3.1.4.- Preservación mediante otros líquidos

El licor se aprovecha para preservar objetos de chusquea, por ejemplo el alto contenido de alcohol en el aguardiente, es un preservativo natural que destruye hongos, microorganismos y previene la afectación de los bambúes por polillas u otros insectos; el almidón de la chusquea son diluidos por el alcohol, lo que elimina la potencial alimentación de insectos y bacterias; la preservación de la chusquea con líquidos de alto contenido alcohólico, es eficiente, pero su aplicación es limitada a objetos y enseres de dimensiones menores (Moran, 2000)

2.3.2.- Métodos químicos

2.3.2.1.- Método "Boucherie"

Este método es el más efectivo. Debe realizarse con chusqueas frescas o recién cortadas. Consiste en forzar por gravedad o por presión neumática la penetración del preservante sustituyendo la sábila que se encuentran en los culmos; el tratamiento se termina cuando la solución que sale del culmo indica que hay una concentración alta del preservante. La duración del tratamiento y la efectividad de este método dependen principalmente de la especie de chusquea, del contenido de humedad y del tipo de preservante utilizado (Londoño, 2002)

2.3.2.2.- Método de inmersión en tanques

Es un método económico y simple en el cual se utiliza un preservante soluble en agua, este preservante penetra por los extremos de los culmos y en menor proporción por los nudos (Liese, 1985). La inmersión se realiza en albercas de 2.5 m de largo, 0.80 de alto y 0.70 de ancho y puede ser un baño caliente (60°C) o frío por lapso de 6 a 18 horas (Salazar, s.f.)

2.3.2.3.- Método de vacío y presión

En lo que corresponde al método de vacío y presión, se utilizan preservantes hidrosolubles o también oleosolubles, una vez seca la chusquea se introduce en un autoclave en donde se realiza un vacío inicial de aproximadamente 80 KPa para disminuir el aire existente y luego van introduciéndose las sales a presiones de 783 KPa a 1370 KPa hasta que el material no absorba más inmunizante; luego se hace un vacío leve para extraer el exceso de preservante. Para que no se genere daño mecánico en la chusquea aplicando el sistema de vacío y presión, se requieren condiciones óptimas del material, es decir que no presente grietas para evitar que colapse cuando se aplique la presión (Salazar, s.f.).

2.4.- Anatomía vs Métodos de preservación

Tomado de Liese, 1985 y 1998 citado en Londoño (2002)

- La circulación por los vasos se reduce tan pronto como el culmo es cosechado y madurado. Como reacción a la herida se desarrollan tiloses y limos en las células parénquima las cuáles se desplazan hacia los vasos, bloqueando la cavidad conductiva (Liese, 1998)
- No existen células orientadas radialmente como si existen en las maderas, las cuáles facilitan la movilización de líquidos desde la periferia hacia la parte interna. Como consecuencia de lo anterior, los tratamientos en donde se emplea el método de inmersión, tiene una eficacia limitada. Para mejorar la penetración utilizando este método, se recomienda raspar la piel externa, y/o taladrar los entrenudos para que el preservante penetre (Liese, 1998).

- Un método simple para la penetración de los preservantes dentro del culmo es colocar un culmo recién cortado en el cultivo, con ramas y hojas, ubicando el extremo inferior dentro de un balde con preservante. La transpiración que realiza la planta por las hojas permite subir el preservante (Liese, 1985)
- Para una verdadera protección del culmo se requiere que exista una difusión del preservante desde el vaso conductivo hacia los tejidos circundantes (Liese, 1985)

2.5.- Plagas, enfermedades y daños

Si hablamos del bambú en lo que corresponde a cualquier tipo de variedad del mismo podemos mencionar que tanto en Asia como en América son poco afectadas por plagas y enfermedades si se compara con otros cultivos como el trigo, la papa y la soya. Sin embargo varios insectos atacan la planta viva de la Chusquea Sp, y es durante la fase de renuevos cuando la chusquea sufre más el ataque por parte de coleópteros, saltamontes, termitas, los cuáles perforan los culmos; también se saben que los roedores, las cabras, roen los rizomas y/o se comen los renuevos y que el ganado, come y destruye con el pisoteo los brotes nuevos. Los culmos adultos raras veces son atacados por coleópteros no obstante cuando están sobremaduros son atacados por una de las plagas más serias de la Chusquea Sp, el *Dinoderus minutus*, el cual pertenece a la clase insecta, y a la familia de los bostrichidae, este es considerado una de las mayores amenazas de la chusquea. El ataque de los hongos afecta sobre todo el follaje; cuando ataca los culmos en su fase juvenil se observa una coloración especial y los vuelve tan decorativos que en países como Japón y China se pagan precios más altos por ellos. Bajo condiciones excesivas de humedad los hongos pueden atacar mortalmente al rizoma (Londoño, 2002).

Al realizar el muestreo de la Chusquea Sp, nos percatamos que algunas de las plantas presentaban muestras evidentes de ataques de insectos y así mismo la biodegradación debido a los hongos, como se muestra en la figura 2.4



a) Biodegradación debido a hongos



b) Ataques de Insectos

Figura 2.4
Plagas y enfermedades, fuente elaboración propia

Presentando dichas muestras, y con la ayuda del laboratorio de Fitopatología se pudo percatar que el tipo de insecto, que ha realizado el ataque a la chusquea es un *Lyctus*, y a continuación describimos su clasificación científica:

Clasificación Científica	
Reino	Animal
Phylum	Artrópodo
Clase	Insecta
Subclase	Pterigota
Orden	Coleóptera
Suborden	Polífaga
Familia	Bostrichoidea

Subfamilia	Lyctinae
Tribu	Lyctini
Genero	Lyctus
Especie	L. brunneus
Nombre binomial	Lyctus brunneus

Cuadro 2.2
Clasificación científica Lyctus, fuente Stephens (1830)

2.6.- Propiedades Físicas y Mecánicas de la Chusquea Sp.-

Una característica de la chusquea es su variabilidad, no existen dos pedazos de chusqueas iguales, aún siendo parte del mismo tallo o culmo; además se presentan condiciones del ambiente como son el clima y el suelo que afectan las propiedades de resistencia de la chusquea. Por eso, la chusquea es un material bastante heterogéneo en su constitución interna. Las propiedades físicas y mecánicas del culmo de la chusquea son determinadas por su estructura anatómica como se ha demostrado en muchas investigaciones, Las propiedades físico-mecánicas de la chusquea son la expresión de su comportamiento bajo la acción de fuerzas externas; este comportamiento depende del tipo de fuerza aplicada y de la estructura de la chusquea misma. En general, estas propiedades son las que determinan la aptitud de la madera para propósitos de construcción y para innumerables usos como artesanías, entre otros.

La chusquea es considerado un material anisótropo ya que sus propiedades físicas, mecánicas y de trabajabilidad varían según su sentido o plano considerado. Pero la alternancia de la fibra con las células parenquimatosas y los haces vasculares contribuye parcialmente a la nulidad de la anisotropía, la cual podría ir en detrimento, para que esto no ocurra la zona periférica del culmo presenta un área altamente reforzada con la presencia de las fibras polilaminadas, es decir, la chusquea esta reforzado unidireccionalmente, específicamente en la dirección axial donde están presentes las fibras, que son fuertes y tiesas; y tiene poca capacidad de resistencia transversal y tangencial.

2.6.1.- Propiedades Físicas.-

Se llaman propiedades físicas de la madera y elementos no maderables, aquellas que pueden determinarse sin alterar la integridad de la muestra sometida al ensayo, ni cambiar su composición química; es decir, mediante la inspección, la pesada, la medida y el secado. Otra definición igualmente utilizada es la referente a que propiedades físicas son aquellas que para manifestarse, no requieren de la aplicación de una fuerza externa sobre la muestra, fuerza que si se requiere para determinar las propiedades mecánicas, de ahí su diferencia.

El crecimiento cónico de la Chusquea Sp, constituye una desventaja, ya que se obtienen secciones de diámetros variables, como se muestra en la figura 2.5. Por tanto cada culmo de chusquea es diferente y resulta difícil estandarizar el diámetro de la misma. Tampoco se lo puede cortar como a la madera, es necesario aplicar nuevas técnicas de corte que se ajusten a la forma del culmo. La sección transversal de la chusquea se diferencia en una zona oscura exterior de aproximadamente 30% y una zona blanca porosa interior de 70% aproximado.

Para el cálculo de las propiedades físicas de la Chusquea Sp, se manifiesta a través de la determinación de los siguientes parámetros: Peso específico y contenido de humedad.



Figura 2.5
Variedad de diámetros

2.6.1.1.- Contenido de humedad.-

La Chusquea Sp es un material “Higroscópico” que tiene la propiedad de ceder o ganar humedad en intercambio con la humedad existente en el medio ambiente que la rodea, hasta alcanzar el equilibrio. Esta propiedad (higroscopicidad) se debe básicamente a dos características; primero por su estructura porosa o capilar, que permite el paso de los líquidos y vapores a su interior; segundo, por su composición química, en el sentido de que los grupos oxhidrilo que presenta reacción con las moléculas del agua.

Las propiedades resistentes de las chusqueas son influenciadas por el contenido de humedad del culmo; generalmente, en condición seca la resistencia es más alta que en condición verde. Este hecho fue estudiado también por profesores de la Facultad de Ingeniería Agrícola de Campinas, en su trabajo, Técnica de Moire aplicada al análisis de esfuerzos de compresión en el bambú, en donde se ensayaron probetas de guadua para dos condiciones de humedad: Culmos recién cortados (saturados) y culmos secos al aire (humedad en torno de 12%), las cuáles al finalizar la experimentación presentaron una distribución de isodeformaciones más compleja en la condición saturada que la mostrada en las probetas en estado seco; se dice, que este hecho puede ser explicado por la separación entre las fibras del bambú cuando el material está saturado en contraposición al material seco, en vista a poseer éste último mayor resistencia, deformándose menos que en estado saturado.

Determinación del contenido de humedad.-

a) Método de pesadas.-

El método por pesadas o secado al horno, es de los más empleados y por lo tanto de los más utilizados, aunque es un poco lento en su proceso y se requiere de muestras pequeñas.

Consiste en cortar para tal efecto, una pieza pequeña de caña de espesor no más de 30 mm. y de preferencia que no sea de los extremos de la misma. La muestra se pesa inmediatamente obteniendo así su peso húmedo (PH); posteriormente se introduce a

una estufa a temperatura de $40 \pm 2^\circ\text{C}$; $80 \pm 2^\circ\text{C}$; $103 \pm 2^\circ\text{C}$, se realizan medidas consecutivas de la muestra pesándola en cada temperatura, variando la misma con intervalos de 24hr, hasta que se obtenga un peso constante, el cual lo registramos como peso anhidro (P_o)

El contenido de humedad “CH” de cada probeta será calculada según la formula siguiente:

$$\text{CH \%} = \left[\frac{\text{PH} - P_o}{P_o} \right] * 100$$

Dónde:

CH % = Contenido de humedad expresada en porcentaje

PH = Peso húmedo o masa de la cuerpo antes de secarse

P_o = Peso anhidro o masa del cuerpo después de secarse

b) Xilohigrómetro eléctrico.-

Otro método para medir el contenido de humedad es utilizando aparatos que se han diseñado, en base al conocimiento en relación de que el agua al paso de una corriente eléctrica actúa como un buen conductor y de que la madera en estado anhidro es un buen aislante. El contenido de humedad se estima en base al grado de “resistencia” que presenta la madera al hacer pasar una corriente eléctrica, la cual estará en proporción al grado de humedad de la misma.

Los medidores eléctricos de humedad permiten calcular el contenido de humedad sin cortar la pieza de la madera, son fáciles de manejar y se obtienen lecturas rápidas; existen dos tipos: xilohigrómetros de resistencia y de capacidad. Los primeros son los más usados, generalmente se fabrican con dos electrodos de tipo aguja; cuando las agujas o electrodos se encajan en la madera a una profundidad de 1/5 del espesor, la lectura que resulta es el promedio del contenido de humedad de la pieza, debido al normal gradiente que suele tener.

Los grandes inconvenientes que se presentan al utilizar este método es: Primero, que las lecturas son confiables únicamente en el rango del agua higroscópica, es decir de

0 a 30%, ya que la resistencia eléctrica en relación al contenido de humedad es proporcional sólo en este rango, en lecturas de mayor contenido de humedad se incrementa el error en $\pm 10\%$. Se dice que al pasar el contenido de humedad de la madera de 0 a 30%, la resistencia o resistividad eléctrica disminuye en un millón de veces y del 30% al máximo contenido de humedad, disminuye sólo en algunas decenas de veces.

Además de lo anterior, las lecturas variarán con respecto a la temperatura y tipo de madera que se trate, de modo que es necesario calibrar el equipo antes de su utilización.



Figura 2.6
Xilohigrómetro eléctrico

2.6.1.2.- Peso específico

Es la relación entre el peso de la madera, a un determinado contenido de humedad, y el peso de volumen de agua desplazado por el volumen de madera. Considerando que el agua tiene densidad igual a 1 puede decirse que la relación entre la densidad de la madera dividida entre la densidad del agua igualan a su peso específico. En el sistema métrico la densidad y el peso específico tienen el mismo valor, con la diferencia que este último no tiene unidades.

El peso específico de cualquier especie de madera varía desde el estado verde hasta el estado anhidro, en cambio la densidad básica se mantiene constante dentro de la misma especie.

El peso específico está dando por la siguiente relación:

$$\delta = \frac{P}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{) o (kg/m}^3\text{)}$$

Dónde:

δ = Peso específico en gramos o en Kilogramos

V = Volumen en centímetros o en metros cúbicos

Peso específico real

El peso específico real es el que corresponde a la pared celular propiamente, y que se refiere como el peso específico de la madera sin tomar en cuenta el volumen de espacios vacíos inherentes a la misma. Por el contrario, el peso específico aparente es el peso específico de la madera, considerando el volumen total que ocupa.

El peso específico real de la madera es un valor relativamente constante para todas las especies de madera, ya que en este caso toma en cuenta únicamente la densidad de los componentes químicos que forman la pared (celulosa, hemicelulosa y lignina), y los porcentajes de estos son más o menos constantes.

Para determinar el peso específico real es necesario poder medir el volumen de los espacios vacíos y la forma de hacerlo es utilizando un elemento que desplace el aire de sus espacios.

2.6.2.- Propiedades Mecánicas.-

Aunque se han realizado ya varios estudios acerca de algunos tipos de bambú, podemos mencionar que a la fecha no se realizó ningún tipo de estudio acerca de la Chusquea Sp, que es otra variedad de bambú, por lo cual en la actualidad para la construcción de este tipo de bambú, no existen estándares de construcción lo que dificulta el uso de este material en la construcción.

A continuación estableceremos algunas definiciones de tipo técnico, en relación con la resistencia del material, cuando está sometida a diferentes esfuerzos.

2.6.2.1 Factores de influencia.-

Existen numerosos factores que influyen sobre estas propiedades, entre ellos se pueden citar las siguientes:

2.6.2.1.1.-Influencia de la naturaleza del material

La influencia que se presentan de la naturaleza del material son:

- a) Especie botánica
- b) Peso unitario – Peso específico
- c) La influencia del lugar de crecimiento en el desarrollo de la caña, donde puede ser suelo, separación de caña a caña.
- d) Edad de la especie
- e) Las fallas como ser: fallas en los nudos, fibras torcidas, etc.

2.6.2.1.2.-Influencia de las condiciones experimentales

Las influencias de las condiciones experimentales son:

- a) Contenido de humedad.
- b) Velocidad de la aplicación de carga del ensayo.
- c) Forma y dimensiones de las probetas.
- d) Duración de la carga.

2.6.2.1.3.- Errores

Debido a que cada media tiene una precisión limitada a la ley de acumulación de errores, los resultados de las propiedades tecnológicas de la madera presentan tolerancias que oscilan entre ± 3 a 6%.

2.6.2.2- Resistencia a compresión paralela a las fibras nudo

La resistencia a la compresión paralela a las fibras es una de las cualidades mecánicas de interés en la madera, donde se determina la carga de ruptura, comprimiendo la caña en sentido axial (transversal). Al ejercer una fuerza de presión P (kg), sobre un cuerpo de longitud L (cm) y de sección transversal A (cm²), experimenta el mismo una modificación de la longitud ΔL (cm).

Este ensayo se lo debe realizar en probetas sin fallas, sin defectos, libre de ataques de insectos.

La compresión paralela a la fibra o al grano, está implicada en muchos usos de la chusquea sp, como por ejemplo en columnas, postes, puntales y todos aquellos casos donde la madera está sometida a cargas.

Para la realización de este ensayo, se utilizó como normativa base, la norma (COPANT 464 “Método de determinación de la compresión paralela al grano”)

La compresión paralela a las fibras se expresa en los siguientes esfuerzos:

- El esfuerzo es el límite proporcional (ELP) es el que corresponde al punto a partir del cual las deformaciones aumentan más rápidamente que la carga.
- Módulo de ruptura (MOR), es el esfuerzo obtenido empleando la resistencia máxima al aplastamiento.
- Módulo de Elasticidad (MOE), es la medida de la rigidez o resistencia que tiene la madera, en este caso nuestra caña para su deformación a la compresión paralela a la fibra.

2.6.2.3- Resistencia a la tracción paralela a las fibras

Por medio de este ensayo se averigua la resistencia de la madera a la rotura por tracción paralela a las fibras. Dividiendo la carga máxima de rotura por la sección transversal de la parte calibrada de la probeta, las probetas que se deben utilizar para la elaboración de estos ensayos deben encontrarse libres de defectos, nudos, ataques de insectos, fallas por crecimiento, etc.

Para la realización de este ensayo, se utilizó como normativa base, la norma (COPANT 742 “Método de determinación de la tracción paralela a las fibras”).

La tracción paralela a las fibras se expresa en los siguientes esfuerzos:

- El esfuerzo es el límite proporcional (ELP) es el que corresponde al punto a partir del cual las deformaciones aumentan más rápidamente que la carga.
- Módulo de Elasticidad (MOE), es la medida de la rigidez o resistencia que tiene la madera, en este caso nuestra caña para su deformación a la tracción paralela a las fibras.

2.6.2.4.- Resistencia a flexión estática

Si las fuerzas que actúan sobre un cuerpo tienden a inducir una sollicitación de tracción en una parte de su sección transversal, y una sollicitación de compresión en la sección restante, entonces el cuerpo está sometido a flexión.

El ensayo de resistencia a la flexión se debe realizar en probetas sin fallas, ni defectos y libre de ataques de insectos.

En el uso de la Chusquea Sp para la construcción, la resistencia de la flexión es una propiedad muy importante de conocerla ya que, la flexión se presenta en partes estructurales denominadas vigas, las cuáles pueden ser simples, empotradas y vigas continuas.

En este ensayo, se utilizó como normativa base, la norma (COPANT 555 “Método de determinación de la Flexión Estática de la madera”).

La flexión estática se expresa en los siguientes esfuerzos:

- El esfuerzo de las fibras en el límite proporcional (ELP) es aquel en el incremento de la carga deja de estar en relación directa con la flecha.
- Módulo de ruptura (MOR), es el esfuerzo obtenido empleando la carga máxima, en vez de la carga en el límite proporcional.

- Módulo de Elasticidad (MOE), es la medida de la rigidez o resistencia que tiene la madera, en este caso nuestra caña para su deformación a la compresión paralela a la fibra.

2.6.2.5- Extracción de clavos

“Como principio general las uniones son los eslabones más débiles en toda forma de construcción y tipo de material, siendo por ello muy importante la resistencia que pueda ofrecer la Chusquea Sp a la extracción de los clavos, es decir la capacidad de retención de los mismos y el esfuerzo requerido para extraerlos.

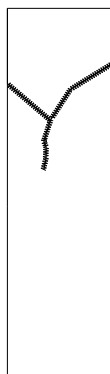
Los valores son mayores en la sección tangencial o radial que en los extremos de la probeta, debido a que las fibras son normalmente células largas, las cuáles se encuentran paralelas al eje de la caña, y al penetrar el clavo el clavo en forma perpendicular a las fibras, estos proporcionan mayor rozamiento al clavo, que en los extremos.

Otro factor determinante es cuando el clavo empleado en un ensayo es rugoso o estriado, dándole así mayor adherencia en la madera, por lo tanto será mayor la resistencia a la extracción que en los clavos lisos.

2.6.2.6.- Fallas típicas de compresión paralela aceptadas



Aplastamiento.- El plano de ruptura es aproximadamente horizontal



Cuna y ajustamiento con rajadura.- Se puede observar la dirección de la fibra (puede ser radial o tangencial).

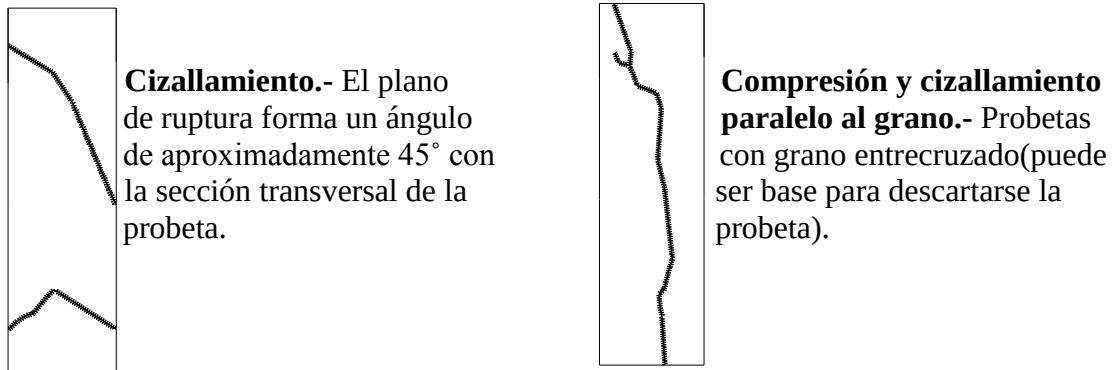


Figura 2.7

Fallas típicas aceptadas de compresión paralela a la fibra, fuente Cruz (2006)

Los planos de ruptura son inclinados, con un ángulo de 40° a 60° respecto a la dirección de la carga.

2.6.2.7.- Fallas típicas de compresión paralela no admisibles

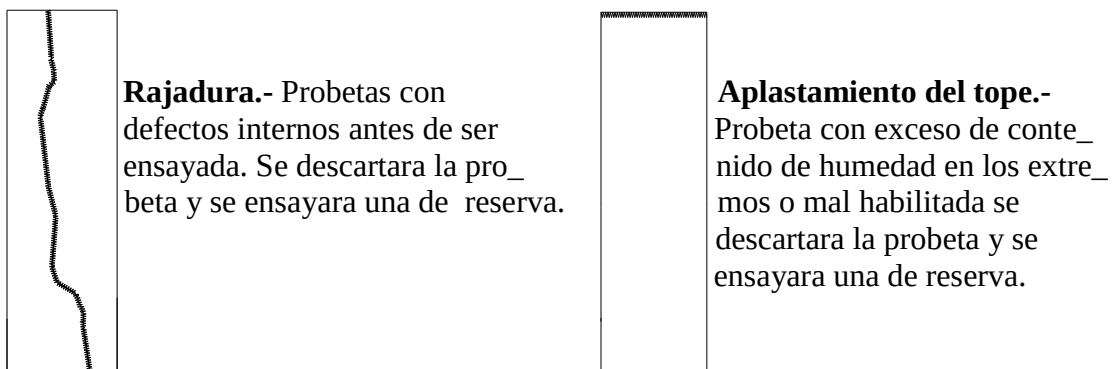


Figura 2.8

Fallas típicas no admisibles de compresión paralela a la fibra, fuente Cruz (2006)

2.6.2.8.- Fallas típicas de tracción paralela a las fibras

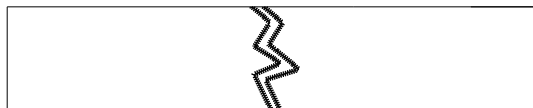


Figura 2.9

Fallas de tracción simple, fuente Cruz (2006)

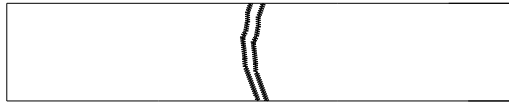


Figura 2.10
Falla de tracción de grano entrecruzado, fuente Cruz (2006)

2.7.- Tipo de uniones en la Chusquea Sp

Si bien el sistema de uniones que se presenta en la guadua el cual es una variedad de bambú, significa un gran avance para la construcción, no obstante podemos hacer referencia que en lo que corresponde a la Chusquea Sp, la cual es otra variedad de bambú, que crece y se desarrolla en el departamento de Tarija, no existe literatura en lo que corresponde a las uniones, por lo que hacemos notar que no existen ningún tipo de unión propuesto para este material, y en el campo técnico por falta de equipamiento en el laboratorio, el cual nos permita realizar distintos tipos de pruebas en lo que respecta a las uniones, es que nos encontramos en la necesidad de plantear un tipo de unión para satisfacer nuestra aplicación práctica, la cual corresponde al diseño de una estructura de cubierta. Dentro de lo que se refiere al tipo de unión planteado podemos mencionar que la unión de nuestra estructura de cubierta será realizada por aplastamiento con planchas a ambos extremos de la unión, las mismas serán colocadas tanto en los extremos como en la parte central superior de la estructura de cubierta, en el cual los pernos pasaran por ambas planchas externamente en ambos lados es decir por la parte superior e inferior de la unión y no así por el centro de las cañas, ya que debido a los diámetros de los pernos comerciales estos partirían y/o rajarían a la caña.

2.8.- Distribución geográfica de la Chusquea Sp

En Bolivia se juntan cuatro regiones fitogeográficas de Sudamérica: Los Andes, la Amazonia, el Cerrado y el Gran Chaco lo cual da origen a una variada multitud de comunidades vegetales y animales, por ende a una rica biodiversidad en especies de flora y fauna silvestre. Una de las especies de flora silvestre cobrando cada vez mayor importancia económica y social en Bolivia es el bambú, en sus distintas variedades,

empleada en la fabricación de muebles y otros enseres. El primer estudio de la taxonomía del bambú en Bolivia fue hecho en el año 2004 [Lindholm y Palm, 2007]. A pesar de este estudio, el número de especies de bambú en el país sigue siendo muy incierto. Las principales áreas de crecimiento de bambú en Bolivia se pueden observar en la figura 2.11, según dos fuentes de consulta.

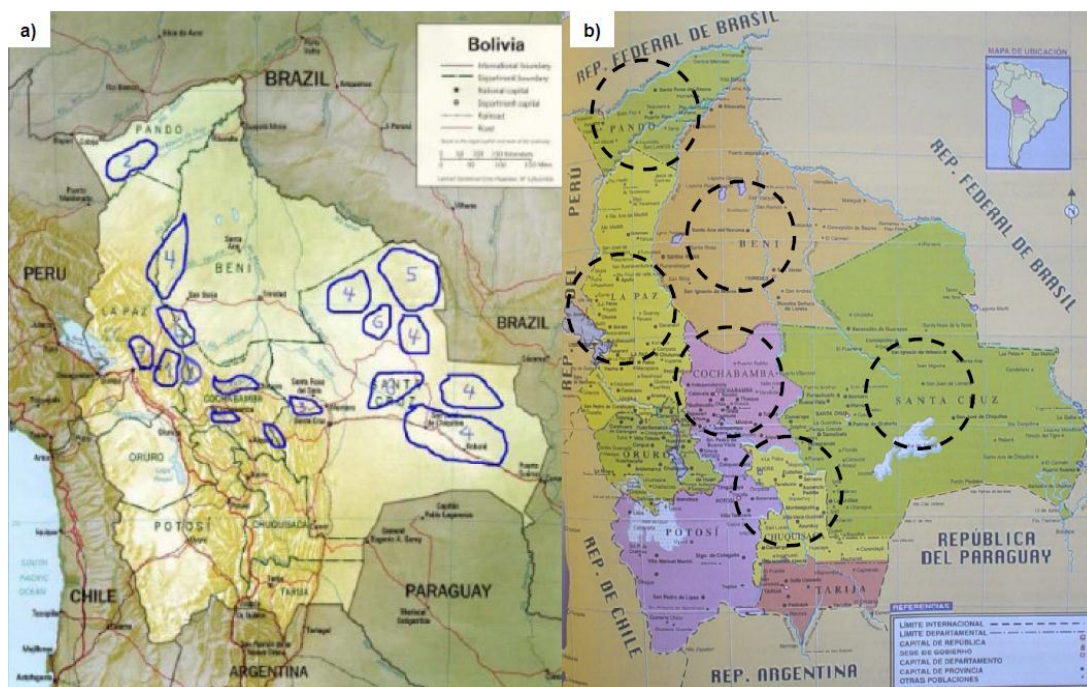


Figura 2.11
El bambú en Bolivia, fuente a) Lindoholm (2007); b) Urioste Tacuabol (2005)

2.8.1.-Departamentos donde encuentran los bosques naturales de Chusqueas Sp

Como podemos observar en los estudios realizados por otros investigadores, los cuáles determinaron que en los departamentos donde crece alguna variedad de bambú, son los siguientes: Pando, La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y Beni, sin embargo, podemos mencionar que no se realizó un estudio en nuestro departamento, ya que notamos que ninguno de ellos estudio a detalle los tipos de bambú que crecen en nuestro medio, entre el cual podemos mencionar la Chusquea Sp, que se encuentra en nuestro medio (departamento de Tarija), y esta es una de las 1400 especies de bambú que existen en el mundo.

Dicha especie en Bolivia, más propiamente dicho en el departamento de Tarija, crece y se desarrolla en la cordillera de Sama, y la cordillera del Aguarague, como se muestra en la figura 2.12



Figura 2.12
Crecimiento de la Chusquea Sp, en el departamento de Tarija, fuente (elaboración propia)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.- Localización.-

El material que se utilizó para los ensayos fue extraído de la cordillera de Sama, de la localidad del Rincón de la Victoria y la localidad de San Pedro de Zola, los cuáles se encuentra en los municipios de Cercado, y Méndez, respectivamente en el departamento de Tarija. (Mapa N°1 y Mapa N°3; ANEXO I)

Esta cordillera está ubicada a una altitud que va desde los 1800 m.s.n.m. hasta los 4700 m.s.n.m., con una temperatura media anual de 7 a 20 ° C el clima de la región es frio ha templado, según la variación altitudinal, con una precipitación que se encuentra en un rango aproximado de 800 a 1000 mm anuales.

Es también importante mencionar que existe otro lugar, el cual puede ser otro banco de extracción de esta caña, donde se percató que esta caña crece y se desarrolla, el cual presenta características similares a la de la cordillera de Sama, dicho lugar es la Cordillera del Aguarague, de la localidad de Iñiguazu y de la localidad de Timboy, los cuáles se encuentran en la Provincia Gran Chaco del departamento de Tarija (Mapa N°2; ANEXO I).

Esta cordillera está situada a una altitud que va desde los 1000 m.s.n.m. hasta los 3400 m.s.n.m., el clima de la región es templado ha cálido, según la variación altitudinal, con una precipitación que se encuentra en un rango aproximado de 900 a 3000 mm anuales.

3.2.- Identificación de la Especie.-

La identificación de la especie de Chusquea Sp, fue realizada en la ciudad de Tarija, por el Herbario de la Universidad Juan Misael Saracho, la cual se localiza en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (Campus Universitario), con la colaboración del Ing. José L. Laime Nieves (Certificado N°1; ANEXO II)

3.3.- Normas Empleadas

Las probetas de ensayos fueron preparadas, en base a la interpretación y adecuación de las normas COPANT (Anexo III), de acuerdo a las características de nuestro material de investigación (Caña Brava).

Para la realización de los ensayos se consultaron las siguientes normas:

COPANT 555	DETERMINACIÓN DE LA FLEXIÓN ESTÁTICA
COPANT 464	DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS
COPANT 742	DETERMINACIÓN DE LA TRACCIÓN PARALELA A LAS FIBRAS
COPANT 744	DETERMINACIÓN DE EXTRACCIÓN DE CLAVOS
COPANT 460	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO HUMEDAD
COPANT 461	DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO APARENTE
COPANT 458	SELECCIÓN Y COLECCIÓN DE MUESTRAS

3.4.- Materiales Utilizados

Para un buen desarrollo y eficiente trabajo a practicar son requeridos determinados materiales a ser utilizados en la fase de gabinete, campo laboratorio. Para lo cual también se realiza un seguimiento de las Normas COPANT.

Los materiales utilizados en el presente estudio fueron los siguientes:

3.4.1.- Fase de Gabinete

Para una planificación global del estudio se manejó lo siguiente:

- Bibliografía relativa al estudio
- Material de escritorio
- Planillas de Gabinete
- Mapas y cartas geográficas de la zona

- Computadora
- Impresora

3.4.2.- Fase de Campo

Para los trabajos a realizar en el campo se empleó lo siguiente:

- Sierra Mecánica
- Machete
- Cuchillo
- Cinta Métrica
- Flexómetro
- Equipo GPS
- Cámara Fotográfica
- Vehículo para transporte
- Otros

3.4.3.- Fase de Laboratorio

En el trabajo de laboratorio se emplearon los siguientes materiales:

- Prensa Universal AMSLER
- Deflectómetro
- Flexómetro
- Sierra Mecánica
- Balanza Eléctrica
- Vernier
- Estufa Eléctrica
- Xilohigrometro
- Probeta graduada
- Pipeta

- Accesorios para los diferentes ensayos

3.5.- Metodología de Trabajo.-

La metodología desarrollada en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la Chusquea Sp, se basan a la interpretación de las especificaciones técnicas correspondiente a las Normas COPANT, en función a esta normativa este documento describe los métodos empleados en cada ensayo, para evaluar así las características físicas y las propiedades mecánicas, tales como: Contenido de humedad, densidad, compresión paralela a la fibra, flexión, y tracción.

3.5.1.- Selección y extracción de la muestra.-

3.5.1.1.- Selección de la Muestra

El procedimiento de selección de muestras se lo realizó de la siguiente manera: Los culmos de la chusquea fueron seleccionados estando aún de pie, es decir antes de realizar el corte, por el personal encargado del SERNAP junto a mi persona; quienes realizamos la identificación del chuqueal y examinamos el lugar antes de realizar la tala de los culmos.

Para llevar a cabo este trabajo de investigación científico, y verificar la selección de culmos de la chusquea, se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Selección de los Diámetros Mayores
- Altura total de la Chusquea
- Estado sano y libres de cualquier defecto
- Rectitud de la caña, que no presente inclinaciones o torcimiento espiral
- Distribución de Nudo a Nudo

3.5.1.2.- Tala o Cosecha

Previamente a la realización de la tala de la Chusquea Sp, se nos instruyó como llevar a cabo este trabajo con las siguientes indicaciones:

- Sólo debe cortar los culmos seleccionados previamente.

- El corte con machete debe ser por encima del primer o segundo nudo ubicado a unos 30 centímetros sobre el suelo, con el fin de facilitar la regeneración de esta.
- Una de las cañas extraídas será utilizada para la determinación de su especie, la misma inmediatamente después del corte debe colocarse lo más vertical posible, con sus ramas y hojas para ser trasladada al herbario para su identificación.
- El resto serán cortadas para facilitar su transporte, y las trasladaremos al lugar de trabajo donde las mismas serán marcadas para poder distinguir una chusquea de la otra.

3.5.1.3.- Secado y Almacenado

Para evitar deformaciones después de la cosecha de la chusquea extraída, los culmos se almacenaron de forma horizontal ligeramente inclinados en un lugar con sombra, protegido contra la lluvia y libre de contacto con el suelo. Donde las cuáles irán secándose de manera paulatina, por un periodo de 3 a 5 semanas hasta que alcancen la humedad con la cual trabajaremos en la presente investigación (12%).

La duración de secado al aire libre depende de factores climáticos (temperatura, humedad relativa y velocidad del aire) y de las características propias de las chusqueas, (diámetro, espesor de pared, contenido de humedad, edad, posición del tramo con respecto a la longitud y sitio), por lo que no se puede establecer un proceso normalizado.

3.5.1.4.- Preparación de probetas

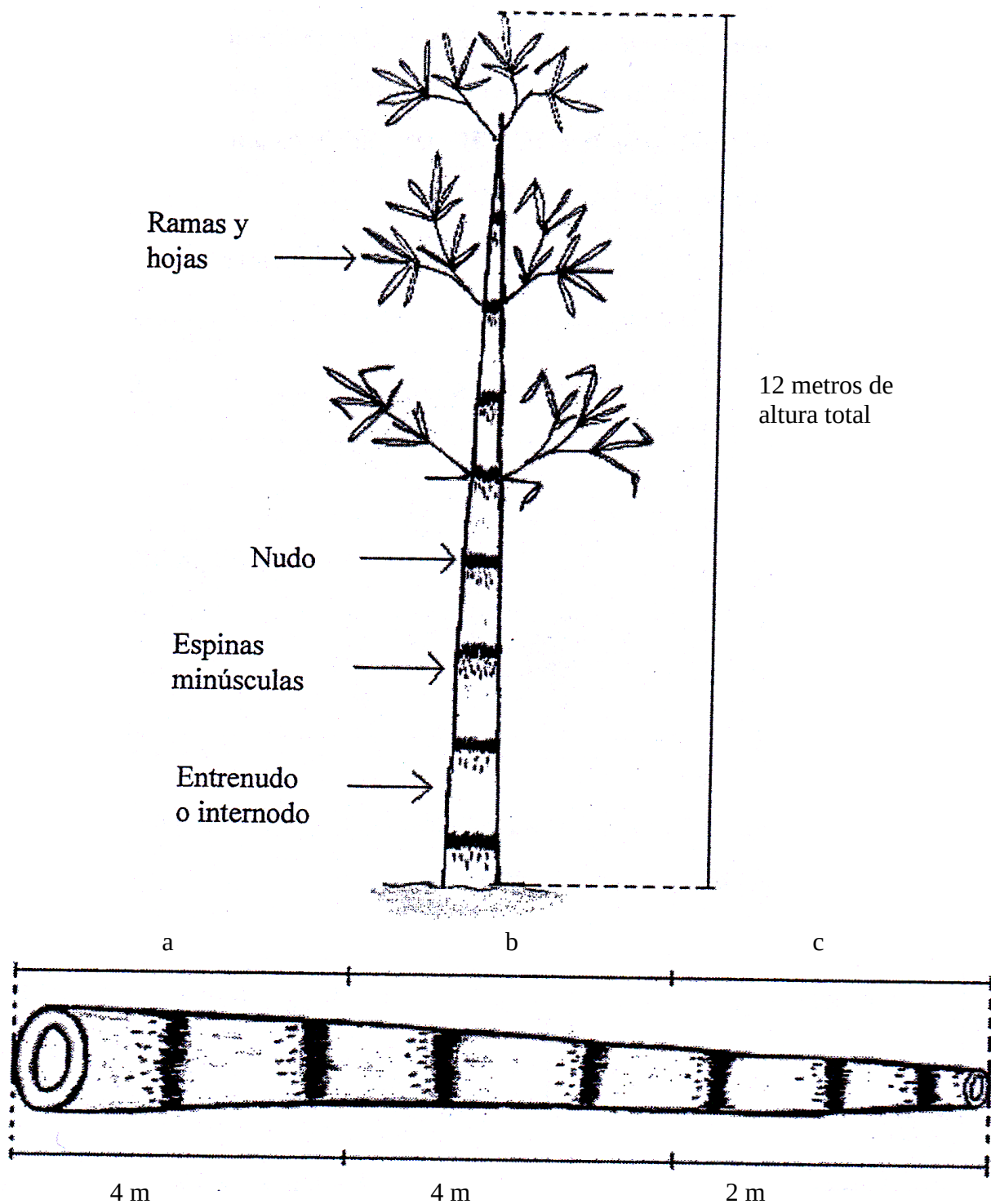


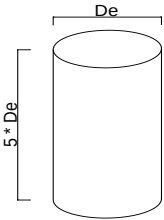
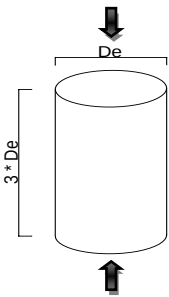
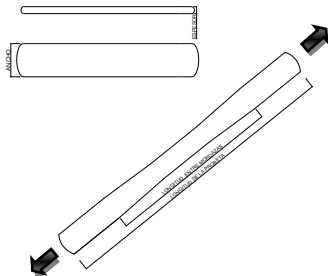
Figura 3.1
Diagrama de obtención de los culmos, fuente Sabogal (1999)

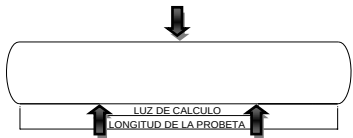
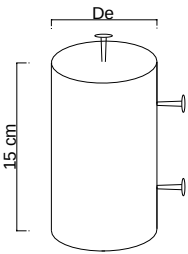
a = parte basal

b = parte media

c = parte alta

Las probetas que nosotros utilizamos fueron elaboradas de acuerdo a la interpretación de la normativa COPANT, ya sean estos para los ensayos de propiedades físicas como los ensayos de propiedades mecánicas, cabe mencionar que para la realización de los ensayos nuestro material (Chusquea Sp) se encontraba en un estado seco al aire (humedad en equilibrio del 12%)

ENSAYO	DIMENSIONES (cm)	N° DE PROBETAS
Propiedades Físicas		20 probetas
Compresión paralela o axial a la fibra		20 probetas
Tracción paralela a la fibras		20 probetas

Flexión Estática		20 probetas
Extracción de Clavos		20 probetas

Cuadro N° 3.1
Dimensión y cantidad de probetas, fuente elaboración propia

3.6.- Determinación de las propiedades físicas de la Chusquea Sp.-

Los ensayos de las propiedades físicas se los realizaron en el estado seco al aire dichos ensayos son los siguientes:

- Peso Específico
- Contenido de Humedad

3.6.1.- Contenido de Humedad

La determinación del Contenido de Humedad, se practicó según la norma 460 “Método por pesadas o secado en estufa”, para cada una de las probetas, para la aplicación de este método se utilizó el siguiente instrumento: Una balanza eléctrica de 0,01 gr de precisión, una estufa eléctrica prevista de termorregulador que permita regular a una temperatura de “30°C; 70°C; 103°C” $\pm 2^\circ\text{C}$, (Figura 3.2)



Figura 3.2
Determinación del contenido de humedad

En este ensayo se reguló la estufa eléctrica a una temperatura de $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ dejando las probetas a esta temperatura por 24 horas, para posteriormente retirarlas e ir pesando una a una, luego introducimos nuevamente las probetas a la estufa eléctrica y se procedió a incrementar la temperatura a $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y repetimos el proceso anterior, hasta incrementar la temperatura de la estufa hasta los 103°C ., al llegar a esta temperatura se realiza el pesado de las probetas por dos a tres días hasta obtener pesos constantes. El contenido de Humedad se calcula por la siguiente fórmula:

$$\text{CH \%} = \left[\frac{\text{PH} - P_o}{P_o} \right] * 100$$

Dónde:

CH: Contenido de Humedad en Porcentaje

PH: Peso de la madera húmeda

Po: Peso Anhidro (secado en estufa)

Así por ejemplo para el C.H. en estado Seco al Aire de la probeta N°4, de la planilla N°2 (Anexo IV), del ensayo de compresión paralela a la fibra sin nudo tenemos:

Peso (gr)	Temp. 30°C Peso (gr)	Temp. 70°C Peso (gr)	Temp. 103°C Peso (gr)
9,99	9,34	9,04	8,91

Cuadro N° 3.2
Peso de la probeta a diferentes temperaturas, fuente elaboración propia

$$\text{CHSA (\%)} = \left[\frac{9,99 - 8,91}{8,91} \right] * 100 = 12,12346 \%$$

3.6.2.- Peso Específico Aparente

Según las Normas COPANT 461 el peso específico aparente, es el cociente entre el peso y el volumen, ambos a un delimitado contenido de humedad. Determinándose el peso en gramos por la lectura de la balanza. El volumen de las probetas se determinó por el método de medición indirecta por inmersión de agua (Figura 3.3).



Figura 3.3
Determinación del peso específico aparente

Siguiendo las normas establecidas COPANT 461, procedemos a determinar los pesos específicos aparentes (Densidad) para el estado correspondiente en este caso estado seco al aire, como se muestra en el siguiente ejemplo de la probeta N°13, del presente ensayo, planilla N° 6 (Anexo IV), podemos ver:

Peso (gr)	Volumen (cm3)
40,8	60

Cuadro N° 3.3
Peso de la probeta y volumen desplazado, fuente elaboración propia

$$PE = \left[\frac{40,8}{60} \right] = 0,68 \left(\frac{gr}{cm^3} \right)$$

3.7.- Determinación de las propiedades mecánicas de la Chusquea Sp.-

Las propiedades mecánicas están relacionadas con la resistencia que ofrecen la caña brava, en este caso cuando sobre ellas actúan las cargas externas. Las propiedades mecánicas son determinadas de forma indirecta, obteniéndose los datos para los respectivos cálculos de los ensayos normalizados sobre las probetas libres de defectos.

Para la especificación de cada uno de los ensayos fueron usadas 20 probetas en estado seco al aire, adquiridas y extraídas de los chusqueales que se hallan en la cordillera de Sama, para lo cual se empleó la máquina de resistencia de materiales, dicha maquina universal tiene una capacidad máxima de resistencia de 400 KN, con una precisión de 0,1KN.

3.7.1.- Flexión estática

El presente ensayo fue determinado según las normas COPANT 555 para lo cual las probetas se encontraron en estado seco al aire, antes del ensayo se tomaron las medidas de cada probeta, es decir se midió el diámetro de cada probeta, como así también cada una de ellas tiene una longitud de 70 cm.

Posteriormente se procedió a ubicar una a una las probetas en la prensa de ensayos, dicha probeta fue colocada entre 2 apoyos cilíndricos con una luz de 35 cm, dejando un sobrante a cada lado de 17,5 cm para que nuestra probeta tenga un área de contacto mayor a dichos cilindros, y por consiguiente la misma este apoyada de forma correcta para la realización de este ensayo, se aplicó en la parte central de la probeta una carga externa en dirección perpendicular a las fibras (Figura 3.4).

Dicha carga se regulo de tal forma que avanza con una velocidad constante de 2,5 mm/min. Las cargas aplicadas fueron medidas, como así mismo las deformaciones

que presentaban dentro del periodo del ensayo, para lo cual se empleó un deflectómetro para la medición progresiva del periodo elástico, con intervalos de carga hasta el límite de ruptura y su deflexión correspondiente.

Una vez materializada la ruptura de la probeta, se realizó en la misma un ensayo adicional, el cual es la determinación de su contenido de humedad, para ello de la parte más cercana a la falla o ruptura, se extrajo una galleta de 3 cm de ancho para la determinación de humedad en dicho ensayo.



Figura 3.4
Flexión estática

3.7.2.- Compresión paralela a las fibras sin nudo

Se realizó de acuerdo a las normas COPANT 464, según; esta norma las probetas tienen las dimensiones de 5 * 5 cm de sección transversal y 15 cm de longitud. En el caso de la Chusquea Sp, al ser de diámetros variables las probetas para la realización del presente ensayo se prepararon en función al diámetro, teniendo como longitud de cada una de las probetas 3 veces la medida de su diámetro, mencionando además que en este ensayo se utilizaron probetas que no cuenten con nudo, para de esta manera

ver cuál es su comportamiento y en que se diferencian con una probeta que tenga nudo.

Se acondicionó la máquina universal de ensayos; la base fija en la parte inferior y el plato móvil en la parte superior, para compensar posibles pequeñas fallas de la horizontalidad del corte de la probeta.

Luego se aplicó sobre la sección transversal de la probeta una carga externa continúa de tal manera que el plato móvil avance a una velocidad constante de 0,5 mm/min; a través del deflectómetro se midió la deformación producida por la probeta, así mismo se registró la carga que fue aplicada hasta producir la ruptura de la probeta (Figura 3.5).



Figura 3.5
Compresión paralela a las fibras sin nudo

3.7.3.- Compresión paralela a las fibras con nudo

Se realizó de acuerdo a las normas COPANT 464, según; esta norma las probetas tienen las dimensiones de 5 * 5 cm de sección transversal y 15 cm de longitud. En el caso de la Chusquea Sp, al ser de diámetros variables las probetas para la realización del presente ensayo se prepararán en función al diámetro, teniendo como longitud de cada una de las probetas 3 veces la medida de su diámetro, mencionando además que en este ensayo se utilizarán probetas que cuenten con nudo, para de esta manera ver cuál es su comportamiento y en que se diferencian con una probeta que no tenga nudo.

Se acondicionó la máquina universal de ensayos; la base fija en la parte inferior y el plato móvil en la parte superior, para compensar posibles pequeñas fallas de la horizontalidad del corte de la probeta.

Luego se utilizó sobre la sección transversal de la probeta una carga externa continúa de tal manera que el plato móvil avance a una velocidad constante de 0,5 mm/min; a través del deflectómetro se midió la deformación producida por la probeta, así mismo se registró la carga que fue aplicada hasta producir la ruptura de la probeta (Figura 3.6).



Figura 3.6
Compresión paralela a las fibras con nudo

3.7.3.- Tracción paralela a las fibras

Por medio de este ensayo se averigua la resistencia a la ruptura por tracción paralela a las fibras. Dicho ensayo se efectuó de acuerdo a las normas COPANT 742, según; esta norma las probetas tienen las dimensiones de 5 * 5 cm de sección transversal y 50 cm de longitud. En el caso de la Chusquea Sp, por las características de geometría de nuestra caña es decir de forma circular y de diámetros variables, se tuvo que realizar un corte en el aserradero a nuestras probetas para que las mismas tengan una forma rectangular, es decir un ancho y un espesor, por el motivo que las mordazas, existentes en el laboratorio de tecnología de la madera, para el presente ensayo, sólo son para probetas rectangulares, y al ser circular nuestra caña la misma tiende a seder, realizando una mala lectura del esfuerzo a tracción, como también no se llegaba a la ruptura del mismo.

El ensayo se lo realizó de la siguiente manera, se aplicó sobre cada una de las probetas una fuerza externa continua de tal manera que vaya estirando nuestra caña sometiéndola al esfuerzo de tracción, dicha fuerza se la fue utilizando a una velocidad constante de 0,5 mm/min; a través del deflectómetro se midió la deformación producida por la probeta, así mismo se registró la carga que fue aplicada hasta producir la ruptura de la probeta (Figura 3.7).

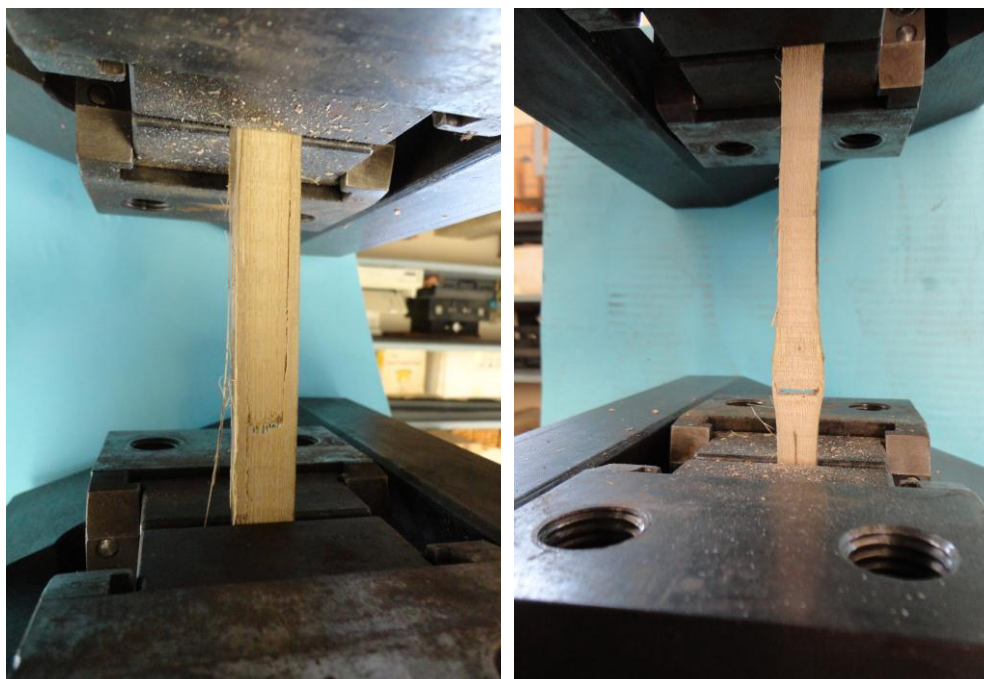


Figura 3.7
Tracción paralela a las fibras

3.7.4.- Extracción de clavos

Se realizó de acuerdo a las normas COPANT 744, según la norma que determina la resistencia de la madera a la extracción de clavos; se emplearon probetas de sección transversal de 5 x 5 cm y 15 cm de longitud, en el caso de la Chusquea Sp, se preparan las probetas de la siguiente forma, el diámetro de la probeta, y 15 cm de longitud para todas y cada una de las probetas.

Se usaron clavos de 2,5 mm de diámetro, con punta de diamante las cuáles fueron limpiadas a fin de eliminar cualquier revestimiento o material extraño, cada clavo se utilizó una sola vez, fueron introducidos perpendicularmente a las fibras, hasta que la penetración alcanzó 32 mm, 2 clavos fueron encajados paralela a las fibras, 1 en la parte superior y otro en la parte inferior de la probeta, 2 clavos fueron metidos perpendicular a las fibra, de forma paralela con una separación de 1/3 cm de la longitud de la probeta, (Figura 3.8). Los 4 clavos de cada probeta fueron extraídos inmediatamente después de haberlos introducido.



Figura 3.8
Extracción de clavos

La probeta se colocó en el accesorio y la cruceta móvil engancho el clavo de la cabeza, aplicando la carga de extracción a una velocidad uniforme de 2,5 mm/min, inmediatamente después del ensayo se cortó la galleta de 3 cm para determinar el contenido de humedad.

3.8.- Análisis Estadístico

Todo diseño experimental debe estar asociado a un modelo estadístico que permita analizar y evaluar la información del fenómeno o experimento en estudio. Para este proyecto se adoptó como modelo estadístico la distribución t de Student.

3.8.1 Teoría de Pequeñas muestras

En probabilidad y estadística, la distribución t o distribución t de Student es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño.

A la teoría de pequeñas muestras también se le llama exacta del muestreo, ya que asimismo la podemos utilizar con muestras aleatorias de tamaño grande.

3.8.1.1 Distribución t de Student

Se define el estadístico

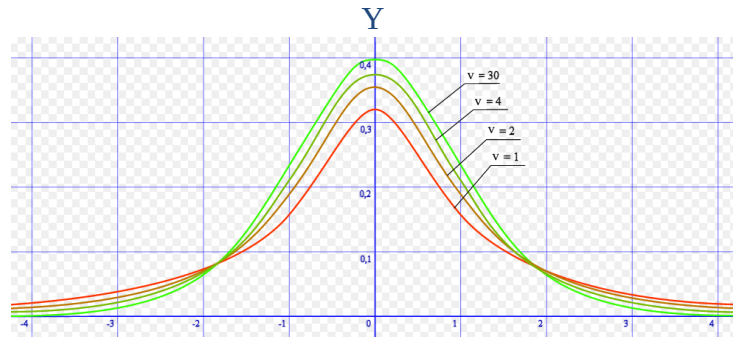
$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s} \sqrt{N - 1} = \frac{\bar{X} - \mu}{\hat{s}/\sqrt{N}}$$

que es análogo al estadístico z, dado por:

$$z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{N}}$$

Si se consideran muestras de tamaño N, seleccionadas de una población normal (o aproximadamente normal), con media μ y si para cada muestra se calcula t, usando la media muestral y la desviación estándar muestral s o $\hat{s}$, entonces se puede obtener la distribución muestral de t. Esta distribución esta por:

$$Y = \frac{Y_o}{\left(1 + \frac{t^2}{N-1}\right)^{N/2}} = \frac{Y_o}{\left(1 + \frac{t^2}{v}\right)^{(v+1)/2}}$$



Donde Y_0 es una constante dependiente de N , tal que el área total bajo la curva es 1, y donde la constante $v = (N - 1)$ se denomina número de grados de libertad (v es la letra griega nu)

3.8.1.1.1 Intervalos de Confianza

En general, se pueden representar los límites de confianza para las medias poblacionales como:

$$\bar{X} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

Donde los valores $\pm t_c$ llamados valores críticos o coeficientes de confianza, depende del nivel de confianza deseado y del tamaño de la muestra.

De esta manera es que se define para el presente proyecto de investigación un intervalo de confianza al 95%; entonces tenemos valores de t de $-t_{.975}$ y $t_{.975}$; con lo cual indicamos que 2,5% del área está en cada cola de distribución “ t ”.

De donde podemos mencionar que el valor μ se estima que se encuentre dentro del intervalo:

$$\bar{X} + t_{.975} \frac{S}{\sqrt{N-1}} < \mu < \bar{X} - t_{.975} \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

Con una confianza del 95% (es decir, una probabilidad de 0,95) obsérvese que $t_{.975}$ representa el valor percentil 97,5, mientras que $t_{.025} = -t_{.975}$ es el valor del percentil 2.5

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.- Resultados de las propiedades Físicas y Mecánicas.-

4.1.1.- Propiedades Físicas

4.1.1.1.- Contenido de Humedad

Las planillas N° 1, 2, 3, 4, 5, (Anexo IV), presentan los resultados del contenido de humedad; analizando los mismos se puede mencionar las siguientes observaciones a dicha propiedad física mencionada:

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Ensayo	Promedio $\bar{X}$ (%)	Desv. Estándar S	Moda Mo	Característica C
Flexión estática	12,0972	0,1203	12,0430	0,0179
Comp. paralela a las fibras sin nudo	12,1084	0,1323	12,0488	0,0197
Comp. paralela a las fibras con nudo	12,1219	0,2208	12,0225	0,0329
Tracción paralela a las fibras	12,1127	0,0853	12,0742	0,0127
Extracción de clavos	12,1041	0,0872	12,0648	0,0129

Cuadro 4.1
Resultado del Contenido de Humedad, fuente elaboración propia

4.1.1.2.- Peso Específico Aparente

La planilla N° 6 (Anexo IV), presentan los resultados del peso específico aparente; analizando el mismo se puede mencionar las siguientes observaciones:

Ensayo	Promedio $\bar{X}$ (gr/cm³)	Desv. Estándar S	Moda Mo	Característica C
Peso específico aparente	0,689294	0,058106	0,663146	0,157310

Cuadro 4.2
Resultado del Peso Específico, fuente elaboración propia

4.1.2.- Propiedades Mecánicas

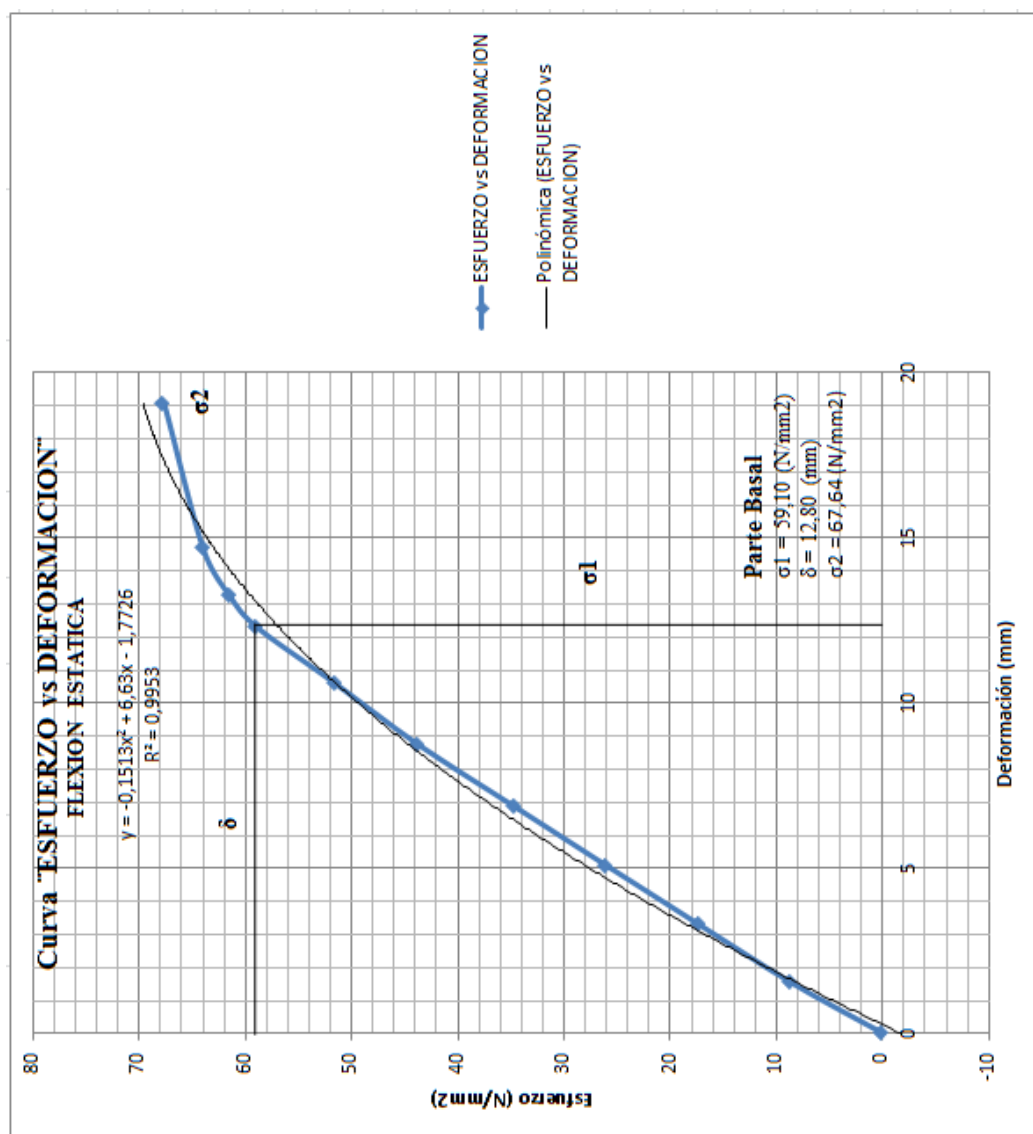
4.1.2.1.- Flexión Estática

Las planillas N° 7, 8, 9, (Anexo IV), presentan los resultados del ensayo de flexión estática; así mismo las planillas N° 10, 11, 12 (Anexo IV) presentan el análisis estadístico de los resultados, con límites de confianza del 95%, analizando las planillas de resultados del presente ensayo, se puede mencionar las siguientes observaciones a dicha propiedad mecánica mencionada:

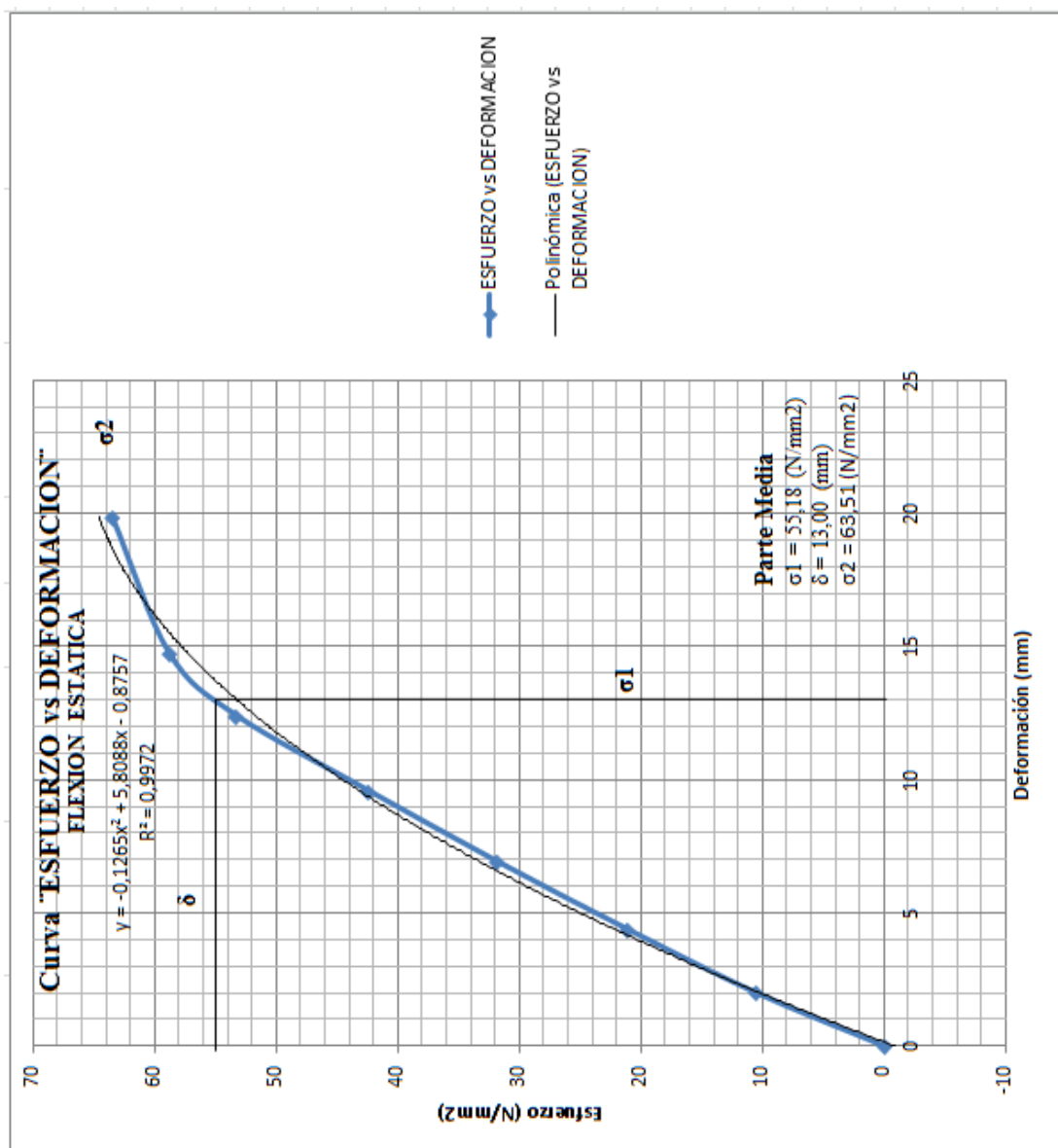
Ensayo	Estado "Seco al aire"	
Flexión estática "Parte Basal"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	59,10 N/mm ²	602,82 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	67,64 N/mm ²	689,99 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	6503,953 N/mm ²	66340,328 kg/cm ²
Flexión estática "Parte Media"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	55,18 N/mm ²	562,836 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	63,51 N/mm ²	647,802 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	6466.154 N/mm ²	65954,771 kg/cm ²
Flexión estática "Parte Alta"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	40,90 N/mm ²	417,18 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	52,29 N/mm ²	533,36 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	5185,622 N/mm ²	52893,345 kg/cm ²

Cuadro 4.3
Resultado del ensayo de Flexión Estática, fuente elaboración propia

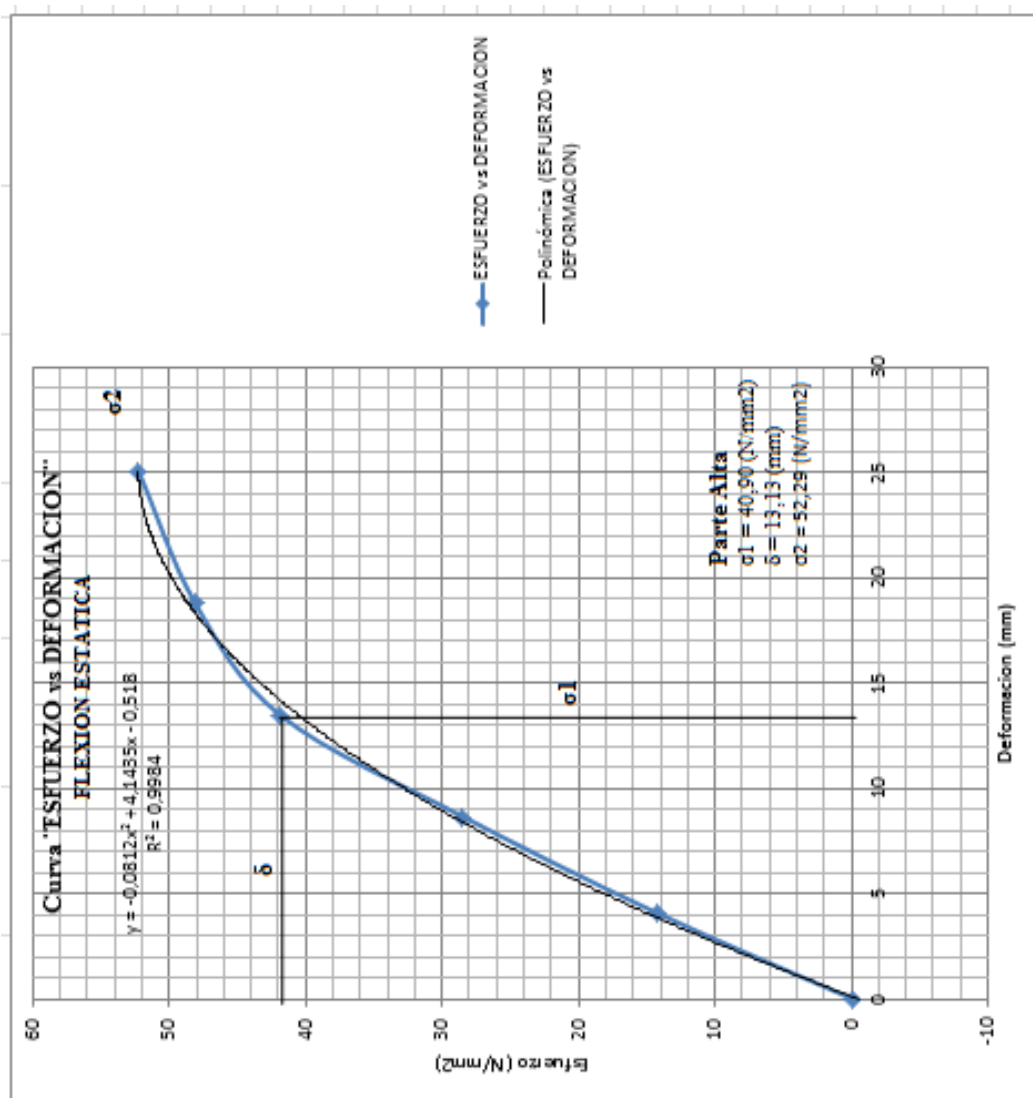
Como se observa en el Cuadro 4.3, podemos mencionar que en el ensayo de Flexión Estática, se trabajó con tres (3) partes de la Chusquea Sp, las cuáles son la parte basal, media y alta, estos ensayos se realizaron en el estado Seco al Aire, con un contenido de humedad promedio de 12.0972 %



Grafica 4.1 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Flexión Estática (Parte Basal)



Grafica 4.2 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Flexión Estática (Parte Media)



Grafica 4.3 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Flexión Estática (Parte Alta)

4.1.2.2.- Compresión Paralela a las Fibras sin nudo

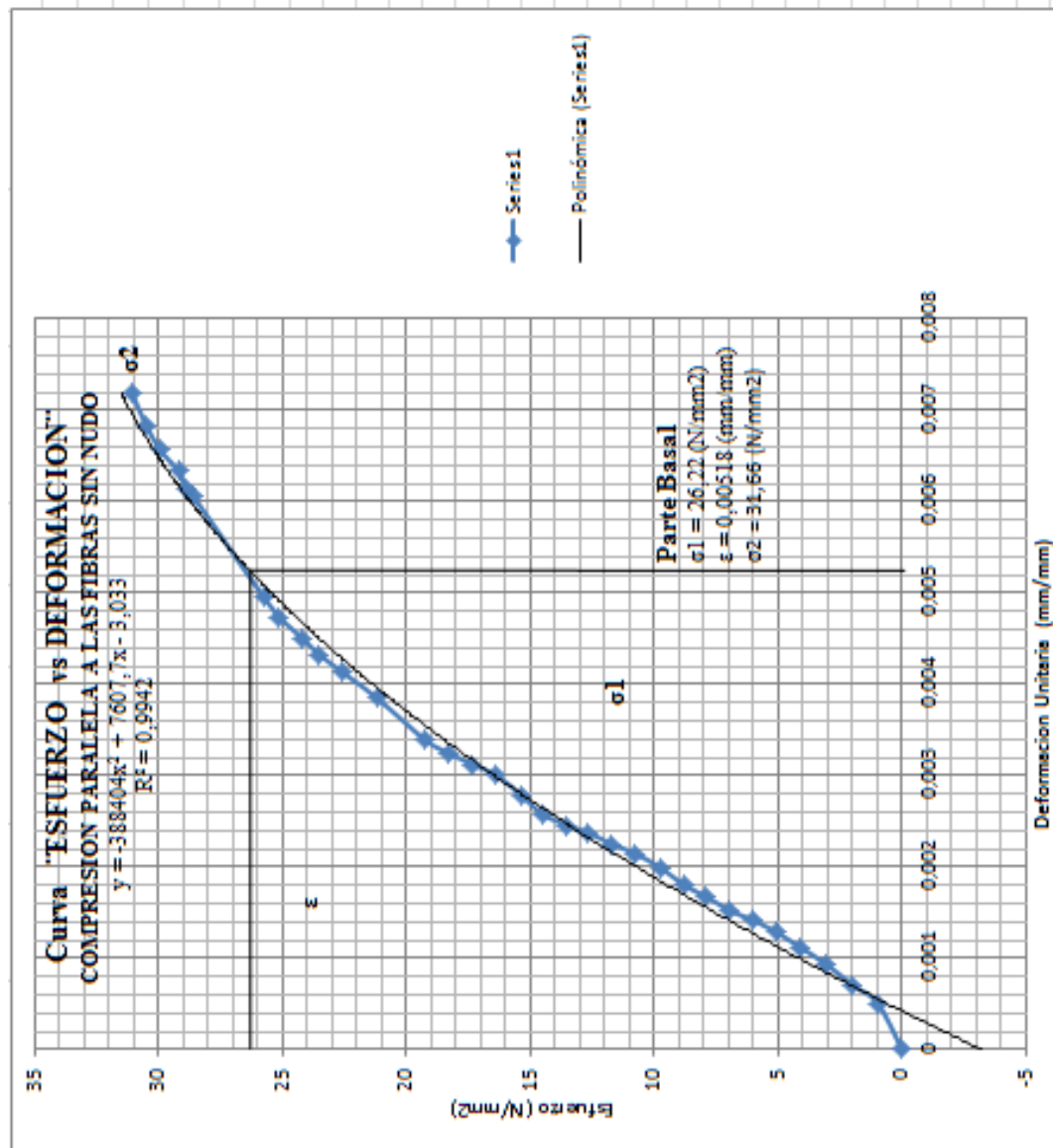
Las planillas N° 13, 14, 15, (Anexo IV), presentan los resultados del ensayo de compresión paralela a las fibras sin nudo; así mismo las planillas N° 16, 17, 18 (Anexo IV) presentan el análisis estadístico de los resultados, con límites de confianza del 95%, analizando las planillas de resultados del presente ensayo se puede mencionar las siguientes observaciones a dicha propiedad mecánica mencionada:

Ensayo	Estado "Seco al aire"	
Compresión paralela a las fibras sin nudo "Parte Basal"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	26,22 N/mm ²	267,44 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	31,66 N/mm ²	322,98 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	5061,77 N/mm ²	51630,11 kg/cm ²
Compresión paralela a las fibras sin nudo "Parte Media"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	24,85 N/mm ²	253,47 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	27,34 N/mm ²	278,86 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	4240,61 N/mm ²	43254,26 kg/cm ²

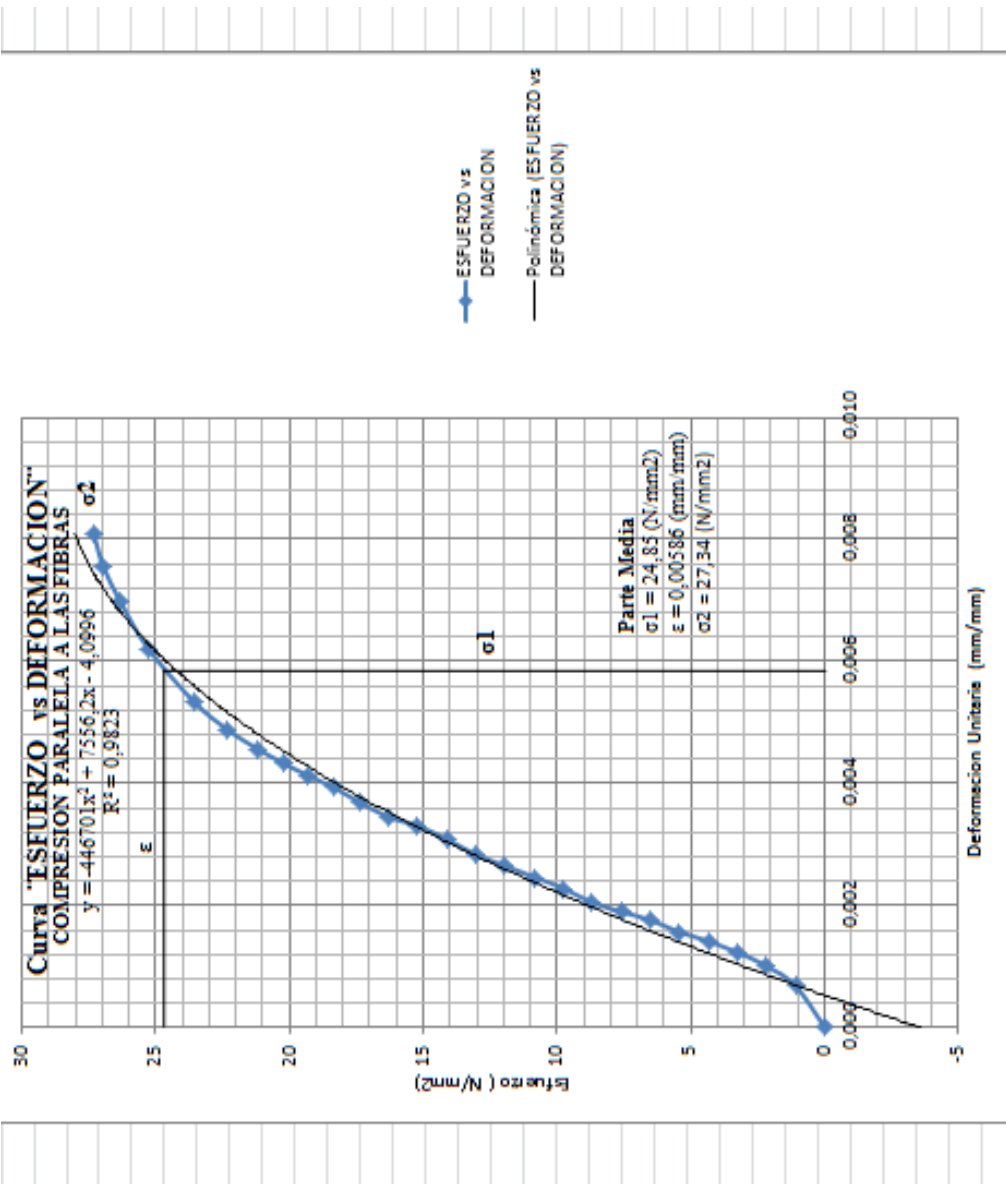
Compresión paralela a las fibras sin nudo "Parte Alta"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	20,70 N/mm ²	211,14 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	25,76 N/mm ²	262,75 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	3812,15 N/mm ²	38883,98 kg/cm ²

Cuadro 4.4
Resultado del ensayo de Compresión Paralela a las Fibras sin nudo, fuente
elaboración propia

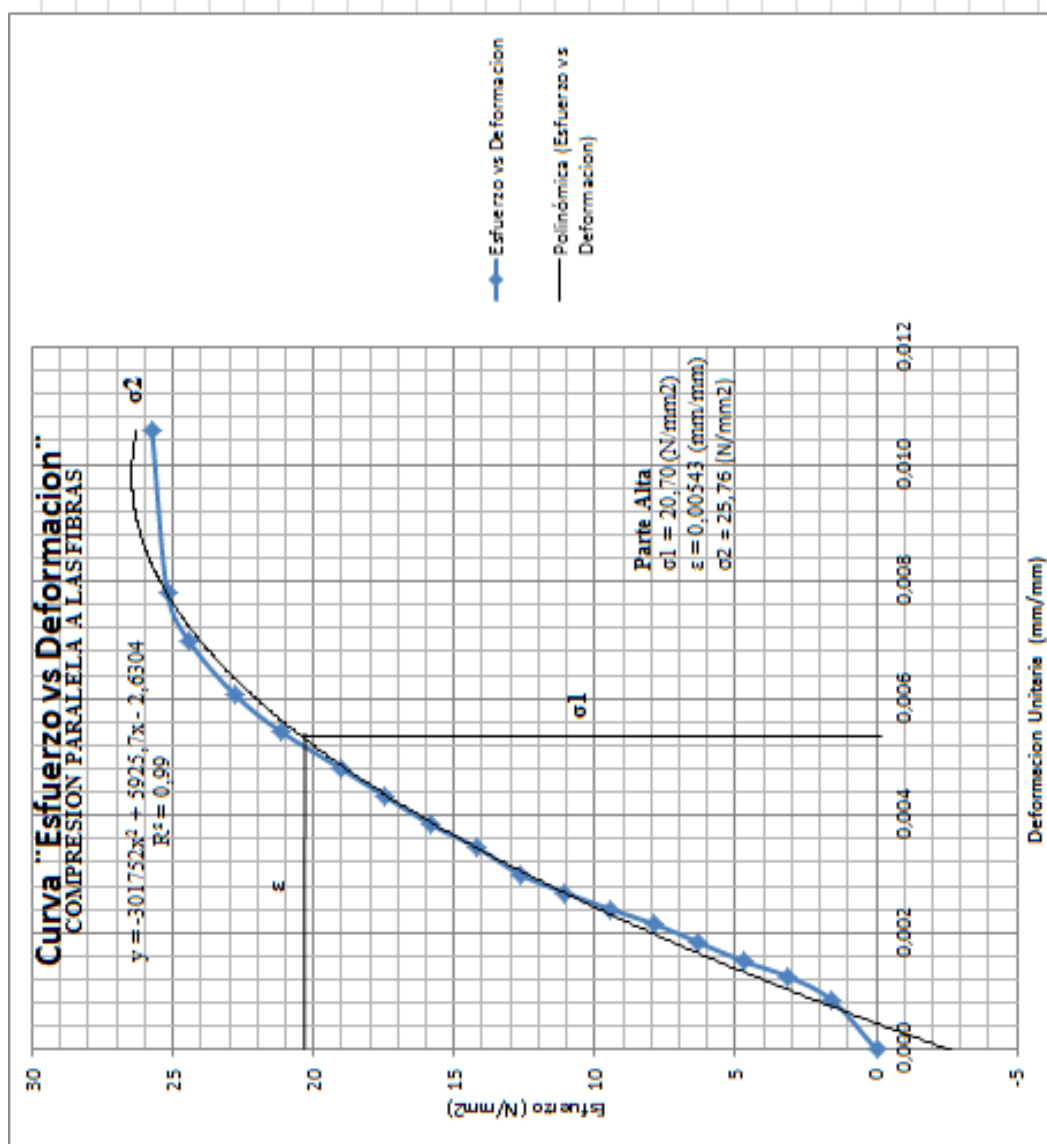
Como se observa en el Cuadro 4.4, podemos mencionar que en el ensayo de Compresión Paralela a las Fibras sin nudo, se trabajó con la Chusquea Sp, dividida en tres (3) partes, las cuales son la parte basal, media y alta, estos ensayos se los realizaron en el estado Seco al Aire, con un contenido de humedad promedio de 12.1084 %



Grafica 4.4 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresion paralela a las fibras sin nudo (Parte Basal)



Grafica 4.5 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresion paralela a las fibras sin nudo (Parte Media)



Grafica 4.6 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresion paralela a las fibras sin nudo (Parte Alta)

4.1.2.3.- Compresión paralela a las fibras con nudo

Las planillas N° 19, 20, 21, (Anexo IV), presentan los resultados del ensayo de compresión paralela a las fibras sin nudo; como también las planillas N° 22, 23, 24 (Anexo IV) presentan el análisis estadístico de los resultados, con límites de confianza del 95%, analizando las planillas de resultados del presente ensayo se puede mencionar las siguientes observaciones a dicha propiedad mecánica mencionada:

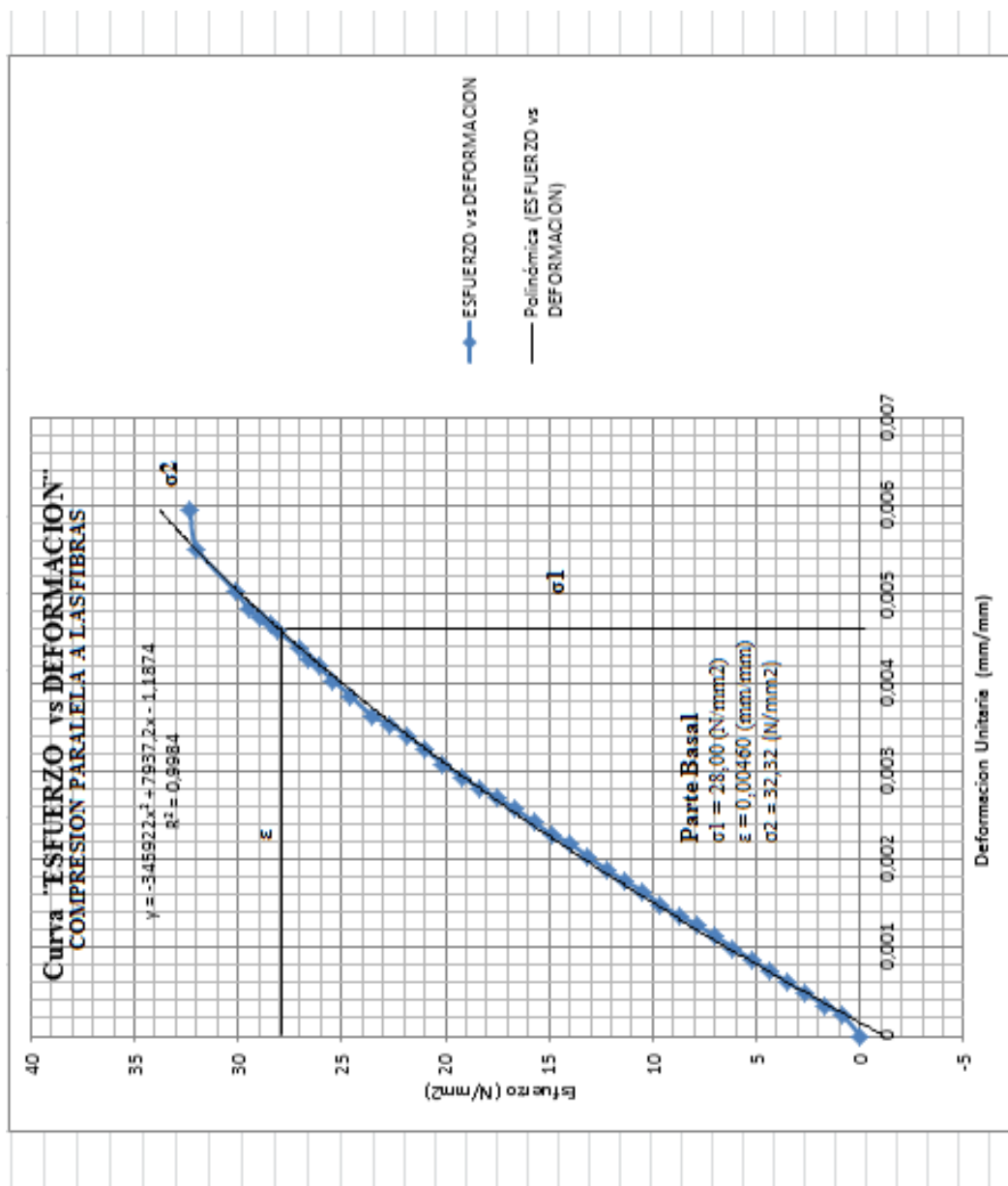
Ensayo	Estado "Seco al aire"	
Compresión paralela a las fibras con nudo "Parte Basal"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	28,00 N/mm ²	285,60 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	32,32 N/mm ²	329,72 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	6086,95 N/mm ²	62086,95 kg/cm ²
Compresión paralela a las fibras con nudo "Parte Media"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	26,30 N/mm ²	268,26 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	29,04 N/mm ²	296,21 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	6018,31 N/mm ²	61386,73 kg/cm ²
Compresión paralela a las fibras con nudo "Parte Alta"		

Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	23,85 N/mm ²	243,27 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	28,61 N/mm ²	291,82 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	5470,18 N/mm ²	55795,87 kg/cm ²

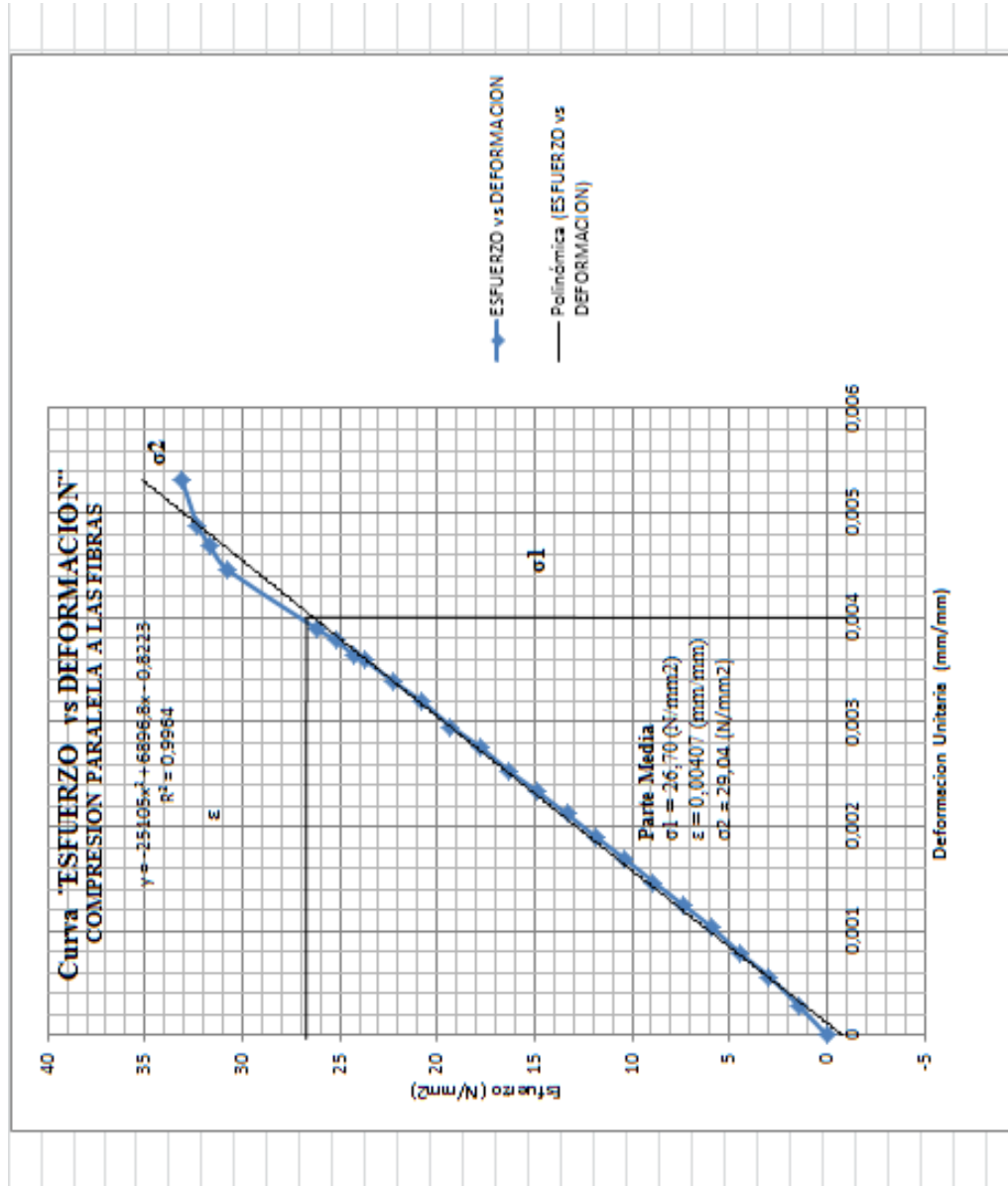
Cuadro 4.5

**Resultado del ensayo de Compresión Paralela a la Fibra con nudo, fuente
elaboración propia**

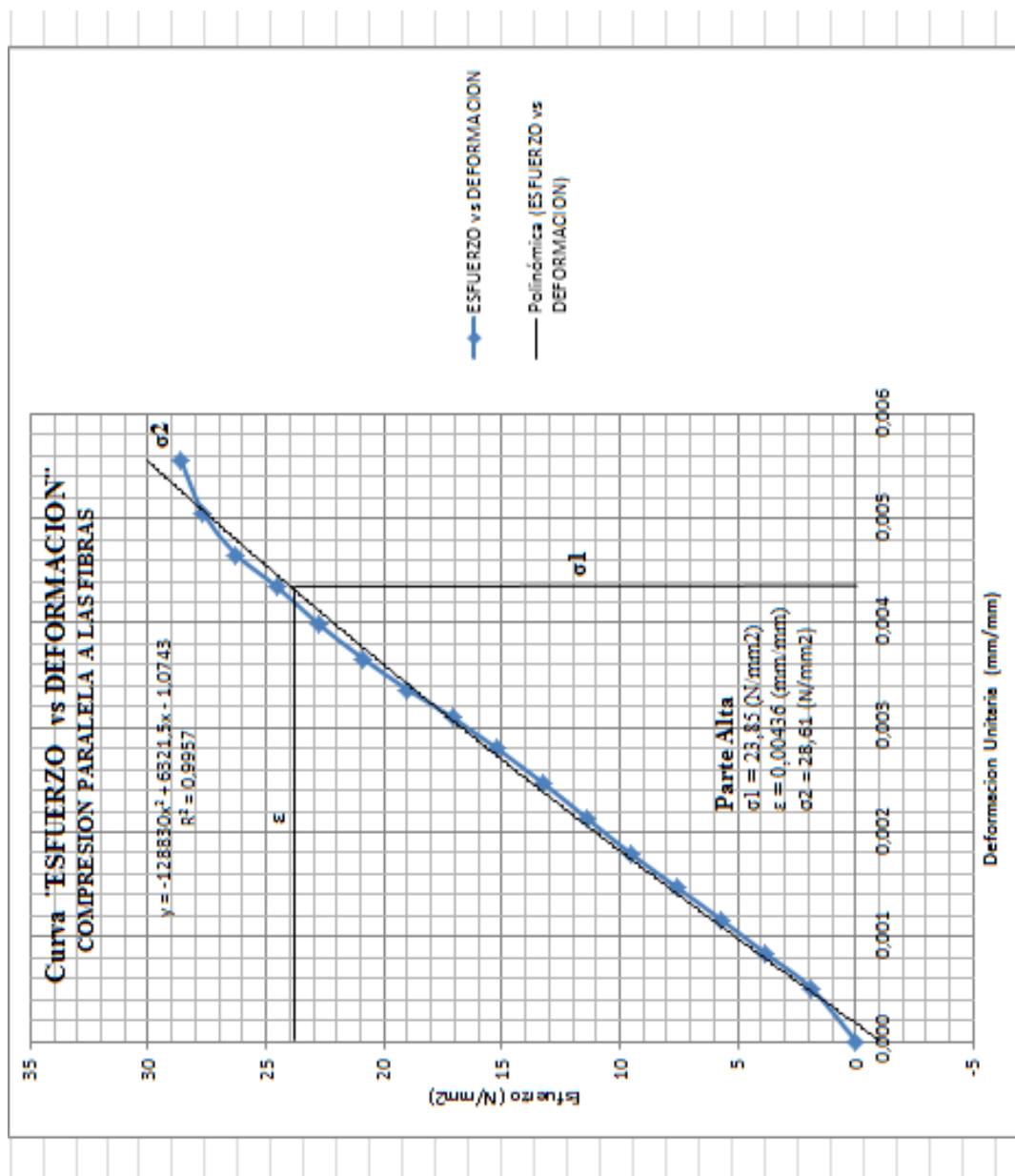
Como se observa en el Cuadro 4.5, podemos mencionar que en el ensayo de Compresión Paralela a las Fibras con nudo, se trabajó con la Chusquea Sp, dividida en tres (3) partes, las cuales son la parte basal, media y alta, y dichos ensayos se los realizaron en el estado Seco al Aire, con un contenido de humedad promedio de 12,1219 %



Grafica 4.7 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresion paralela a las fibras con nudo (Parte Basal)



Grafica 4.8 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresion paralela a las fibras con nudo (Parte Media)



Gráfica 4.9 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresion paralela a las fibras con nudo (Parte Alta)

4.1.2.4.- Tracción paralela a las fibras

Las planillas N° 25, 26, 27, (Anexo IV), presentan los resultados del ensayo de compresión paralela a las fibras sin nudo; como también las planillas N° 28, 29, 30

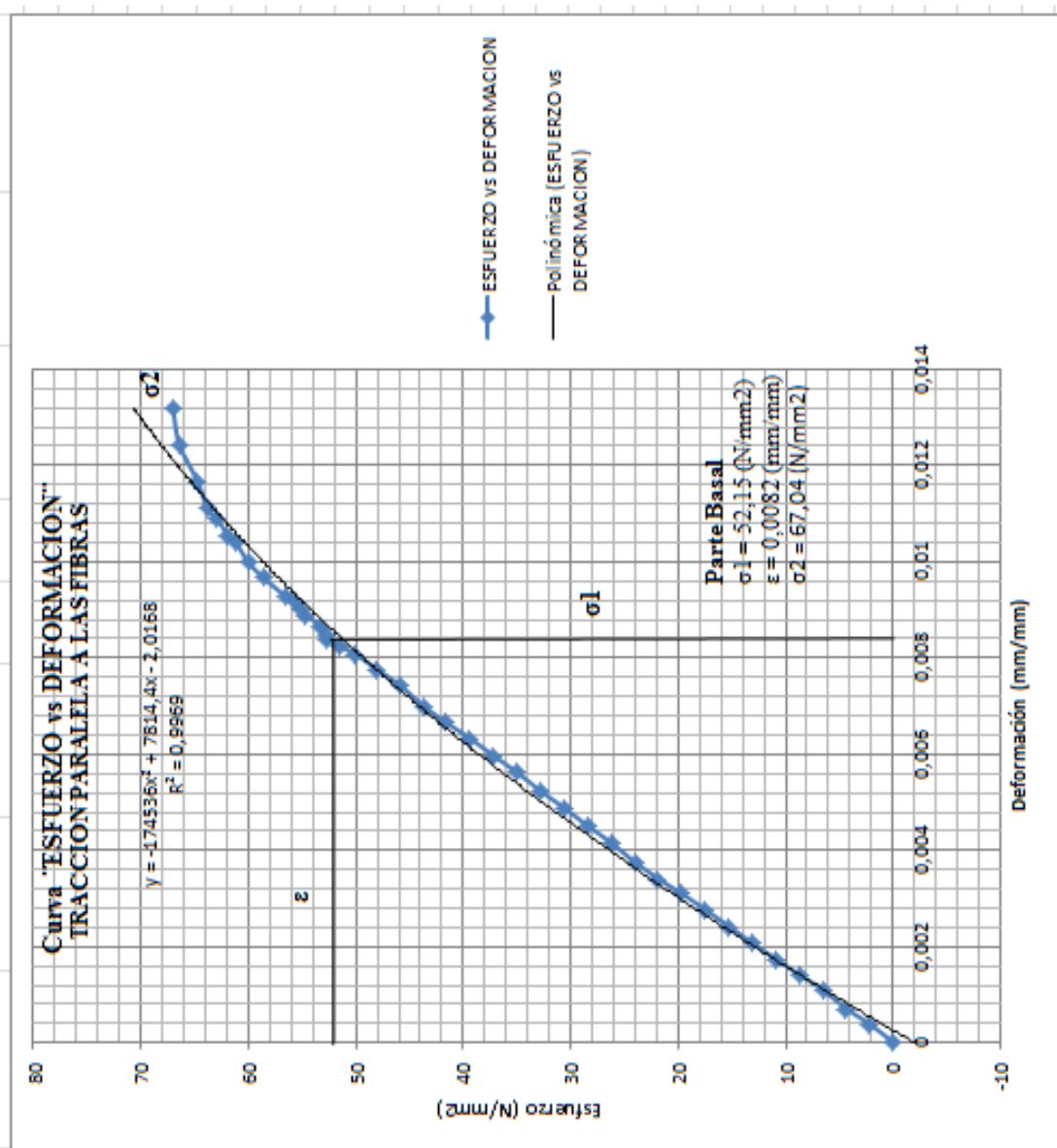
(Anexo IV) presentan el análisis estadístico de los resultados, con límites de confianza del 95%, analizando las planillas de resultados del presente ensayo se puede nombrar las siguientes observaciones a dicha propiedad mecánica mencionada:

Ensayo	Estado "Seco al aire"	
Tracción paralela a las fibras "Parte Basal"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	52,15 N/mm ²	531,93 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	67,04 N/mm ²	683,81 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	6518,75 N/mm ²	66491,25 kg/cm ²
Tracción paralela a las fibras "Parte Media"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	48,60 N/mm ²	495,72 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	54,46 N/mm ²	555,49 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	5522,73 N/mm ²	56331,82 kg/cm ²
Tracción paralela a las fibras "Parte Alta"		
Esfuerzo al límite proporcional (ELP)	28,35 N/mm ²	289,17 kg/cm ²
Esfuerzo máximo (MOR)	36,45 N/mm ²	371,79 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (MOE)	4962,19 N/mm ²	50614,37 kg/cm ²

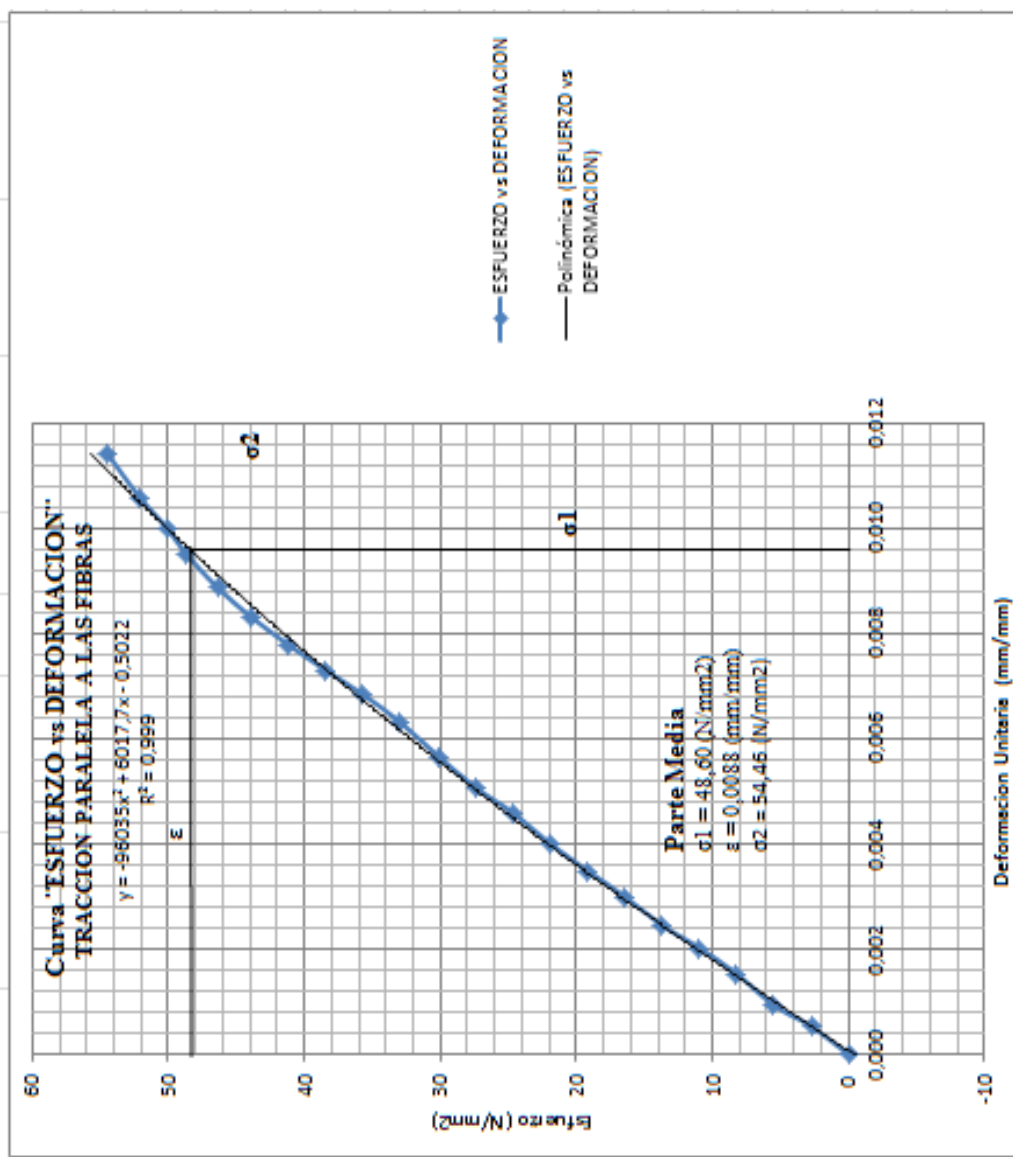
Cuadro 4.6

Resultado del ensayo de Tracción Paralela a la Fibra, fuente elaboración propia

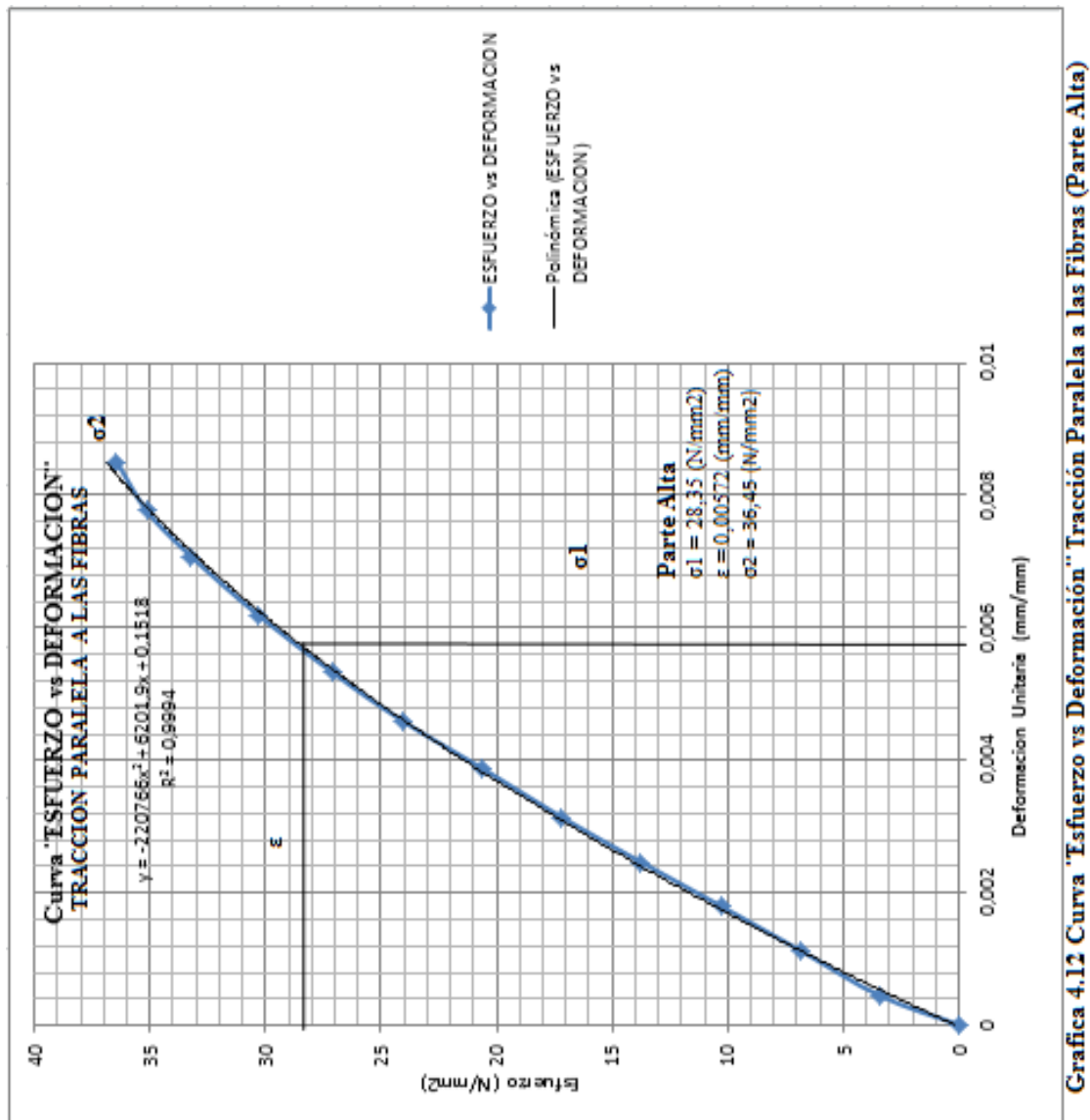
Como se observa en el Cuadro 4.6, podemos mencionar que en el ensayo de Tracción Paralela a las Fibras, se trabajó con la Chusquea Sp, dividida en tres (3) partes, las cuales son la parte basal, media y alta, y dichos ensayos se los realizaron en el estado Seco al Aire, con un contenido de humedad promedio de 12,1127 %



Grafica 4.10 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Tracción Paralela a las Fibras (Parte Basal)



Grafica 4.11 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Tracción Paralela a las Fibras (Parte Media)



Gráfica 4.12 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Tracción Paralela a las Fibras (Parte Alta)

4.1.2.5 Extracción de Clavos

La planilla N° 31 (Anexo IV), se presentan los resultados del ensayo de extracción de clavos; analizando el mismo se puede nombrar las siguientes observaciones:

EXTRACCION DE CLAVOS				
Ensayo	Promedio X (kgf)	Desv. Estándar S	Moda Mo	Característica C
Extracción de Clavos Perpendicular	244,095	11,387	238,971	0,086
Extracción de Clavos Longitudinal	240,200	13,262	234,232	0,102

Cuadro 4.7**Resultado del ensayo Extracción de clavos, fuente elaboración propia**

Como se observa en el Cuadro 4.26, podemos mencionar que en el ensayo de Extracción clavos, se trabajó con la Chusquea Sp, dividida en tres (3) partes, las cuales son la parte basal, media y alta, y dichos ensayos se los realizaron en el estado Seco al Aire, con un contenido de humedad promedio de 12,1041 %

CAPÍTULO V

APLICACIÓN PRÁCTICA

CAPÍTULO V

APLICACIÓN PRÁCTICA

5.1.- Definición de una Cercha

La cercha es uno de los principales tipos de estructuras empleadas en ingeniería. Proporciona una solución práctica y económica a muchas situaciones, especialmente en el diseño de puentes y edificios.

Cada cercha se diseña para que soporte las cargas que actúan en su plano y, en consecuencia, pueden considerarse como una estructura bidimensional. Todas las cargas deben aplicarse en las uniones y no en los mismos elementos. Por ello cada cercha es un elemento sometido a fuerzas axiales directas (tracción o compresión).

Una cercha está formada por los siguientes elementos:

1. Los miembros de arriba cordón superior.
2. Los miembros de abajo cordón inferior.
3. Diagonales.
4. Verticales Montantes o péndolos dependiendo del tipo de esfuerzo.

5.2.- Criterio de Diseño

Para la realización de la presente aplicación práctica se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- La longitud máxima que se tiene de la Chusquea Sp, es de 12 metros, en la cual podemos mencionar que se tomó como longitud aprovechable de 10 metros, sin embargo el mismo depende de las características in situ que presente el material al momento de la extracción.

- Los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación nos muestra que existe una variación de resistencia en función a la posición ensayada de la Chusquea Sp, es decir, si la misma se encuentra en la parte basal, parte media o parte alta, se mencionó además que al momento de realizar el cálculo de la estructura reticular, se optó por el lado de la seguridad, en la cual decidí trabajar con los valores de resistencia obtenidos de la parte alta, ya que en el mismo, se encuentra la resistencia más desfavorable.
- Como el diseño se efectúa para condiciones de servicio, los esfuerzos últimos deben ser reducidos también a estas condiciones por debajo del límite de proporcional. Esto garantiza un comportamiento adecuado de las estructuras en condiciones normales, así como la validez por lo menos aproximada de la hipótesis de comportamiento lineal y elástico. Los esfuerzos en condiciones de servicio se obtienen dividiendo los correspondientes esfuerzos últimos entre un factor de seguridad y servicio, este factor de seguridad es de valor 2, justificándolo de acuerdo a las incertidumbres siguientes: Conocimiento del material y su variabilidad, la presencia de defectos no detectados al momento de la clasificación visual, deterioro del material con el uso, entre otros.
- Por todo lo mencionado en líneas arriba podemos decir que los valores de esfuerzo admisible, empleados como datos de diseño son los siguientes:
 - $f_m = 208,590 \text{ kgf/cm}^2$
 - $f_t = 144,158 \text{ kgf/cm}^2$
 - $f_c = 121,635 \text{ kgf/cm}^2$

5.5.- Análisis Comparativo con los datos técnicos del Padt – Refort “Manual de Diseño para maderas del Grupo Andino”

De acuerdo a la bibliografía descrita por el Padt - Refort “Manual de Diseño para madera del Grupo Andino”; las especies de maderas adecuadas para el diseño usando este manual han sido agrupadas en tres grupos estructurales. Los esfuerzos admisibles para las maderas de cada grupo estructural se exponen a continuación:

ESFUERZOS ADMISIBLES (Kg/cm²)

Grupo	Flexión fm	Tracción Paralela ft	Compresión Paralela fc
A	210	145	145
B	150	105	110
C	100	75	80

Cuadro N° 5.1
Esfuerzos Admisibles de la madera, fuente Padt – Refort (1984)

Los valores que se obtuvieron después de efectuar los diferentes ensayos en el laboratorio de Tecnología de la Madera, son los siguientes:

ESFUERZOS ADMISIBLES (Kg/cm²)

Especie de bambú	Flexión fm	Tracción Paralela ft	Compresión Paralela fc
Chusquea Sp	208,590	144,158	121,635

Cuadro N° 5.2
Esfuerzos Admisibles de la Chusquea Sp, fuente elaboración propia

Si los esfuerzos que presenta la Chusquea Sp, los comparamos con los de la madera, podemos mencionar que la misma sería catalogada entre el grupo A y B, ya que la misma muestra resultados que se encuentran en este rango de grupos estructurales exhibidos por el Padt Refort “Manual de Diseño para madera del Grupo Andino”

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.-

El objetivo del presente proyecto es determinar las propiedades físico-mecánicas de un tipo de bambú (*Chusquea* Sp) procedente de la cordillera de Sama, de las provincias de Cercado y Méndez (Departamento de Tarija), para demostrar la factibilidad estructural de su uso como material de construcción en estructuras reticulares. Después de haber efectuado los trabajos de: Revisión bibliográfica, visita al lugar de estudio, selección, muestreo, secado, transporte, almacenaje, preparación de probetas, ensayos en laboratorio y análisis de resultados podemos establecer lo siguiente:

- Las muestras utilizadas de tipo de bambú corresponden a la *Chusquea* Sp (caña brava). Esta identificación está respaldada por el Herbario de la Universidad Juan Misael Saracho, en la cual tomo parte el Ing. José Laime Nieves.
- La determinación de las propiedades físico-mecánicas de la especie de bambú *Chusquea* Sp, es la primera investigación en su género realizada en nuestro país empleando las normativas Copant. Cuyos resultados conseguidos son propios del lugar en estudio, es decir la cordillera de Sama, en las Provincias Cercado y Méndez del departamento de Tarija.
- Empleando los valores obtenidos en este estudio, sobre las propiedades físico-mecánicas de la *Chusquea* Sp, es posible realizar diseños con la misma. Por tanto será el calculista estructural quién defina en función a los requerimientos de diseño, a la tecnología y a la economía la factibilidad del uso de esta especie de bambú como material de construcción para cada proyecto en particular.
- De los ensayos a compresión paralela a las fibras sin nudo por su resistencia al módulo de ruptura de 322,98 kg/cm²; 278,86 kg/cm²; 262,75 kg/cm²; de la

parte basal, media, y alta respectivamente, y comparándola con la clasificación de productos maderables y no maderables según sus propiedades (Antonio Arostegui 1975), se la clasifica como producto no maderable de resistencia media.

- De los ensayos a compresión paralela a las fibras con nudo por su resistencia al módulo de ruptura de 329,72 kg/cm²; 296,21 kg/cm²; 291,82 kg/cm²; de la parte basal, media, y alta respectivamente, y comparándola con la clasificación de productos maderables y no maderables según sus propiedades (Antonio Arostegui 1975), se la clasifica como producto no maderable de resistencia media.
- Podemos citar que en el ensayo de compresión paralela a las fibras, el nudo funciona o se comporta como un rigidizador, ya que se trabajó con probetas con nudo y probetas sin nudo, como podemos observar en los resultados obtenidos, se llegó a la conclusión de que el nudo incrementa la resistencia en la caña.
- De los ensayos a flexión por su resistencia al módulo de ruptura de 689,99 kg/cm²; 647,802 kg/cm²; 533,36 kg/cm²; de la parte basal, media, y alta respectivamente, y comparándola con la clasificación de productos maderables y no maderables según sus propiedades (Antonio Arostegui 1975), también se la clasifica como producto no maderable de resistencia media.
- Si los esfuerzos admisibles que presenta la Chusquea Sp, los comparamos con los de la madera, podemos mencionar que la misma sería catalogada entre el grupo A y B, ya que dichos resultados que se encuentran en este rango de grupos estructurales presentados por el Padt Refort “Manual de Diseño para madera del Grupo Andino”
- Mencionamos además que todos los ensayos realizados, y lo que correspondería a sus resultados obtenidos, fueron ejecutados en un estado seco al aire, en el cual el contenido de humedad se encuentra alrededor del 12 %. Lo que equivaldría a hacer referencia que estos resultados corresponde a una caña con esas características de contenido de humedad.

Recomendaciones.-

Al no tener referencia bibliográfica de esta especie en nuestro medio, y de acuerdo a los ensayos, los resultados obtenidos más la experiencia recogida en la investigación del presente trabajo de las propiedades físicas y mecánicas de la Chusquea Sp, podemos mencionar lo siguiente:

- Se aconseja al momento de realizar el corte y extracción de la Chusquea Sp, que dicho corte sea a una altura de 30 cm aproximadamente del suelo, debido a que esta práctica ayuda a que exista una regeneración más rápida en la caña.
- En la preparación de las probetas destinadas a los ensayos físicos – mecánicos de la Chusquea Sp, se debe tener en cuenta que las probetas a ser utilizadas se encuentren libres de cualquier defecto, o ataque de algún insecto, que pueda afectar la resistencia de dichas probetas, alterando los resultados.
- También se tiene que considerar al momento de preparar nuestras probetas de Chusquea Sp, y lograr que las mismas estén ubicadas totalmente de forma vertical en los equipos y poder realizar de una manera adecuada nuestros ensayos, el corte transversal en las probetas, tiene que ser perpendicular al eje de la caña.
- Realizar estudios de las resistencias de la Chusquea Sp para diferentes pisos ecológicos en donde la variable principal sea la altitud, con el fin de delimitar cuáles sitios son mejores para el desarrollo de los chusqueales en función a rangos de altitud.
- Se recomienda ampliar el conocimiento de esta especie con un estudio de uniones, y comportamiento de los mismos.
- En la actualidad la poca utilización de esta especie es debido a la falta de conocimiento de las características y propiedades, por lo cual se recomienda orientar, a los industriales, constructores, etc. Sobre la correcta aplicación de la Chusquea Sp, ya que se le puede dar variados usos.

- Para un buen ensayo de sus características tanto físicas como mecánicas de la Chusquea Sp, los instrumentos y equipos del laboratorio, deberán ser calibrados antes de los ensayos y periódicamente, para evitar errores sistemáticos.