

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 17 de Mayo de 2016

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Gloria Milena Rojas Triana , con C.C. No. 1075271355 ,
 María Camila Campos Vargas , con C.C. No. 1077858807 ,

Autoras de la tesis de grado titulado RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA EN MUESTRAS DE *Guadua angustifolia* Kunth PROCEDENTES DEL MUNICIPIO DE PITALITO - HUILA presentado y aprobado en el año 2016 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola;

Autorizamos al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: 

Firma: 

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA EN MUESTRAS DE *Guadua angustifolia* Kunth PROCEDENTES DEL MUNICIPIO DE PITALITO - HUILA

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Rojas Triana	Gloria Milena
Campos Vargas	María Camila

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Duarte Toro	Mauricio
Takeuchi Tam	Caori Patricia

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniera Agrícola

FACULTAD: Facultad de Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Programa de Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2016

NÚMERO DE PÁGINAS: 117

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 3

Diagramas_ **X** _ Fotografías_ **X** _ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general _ **X** _ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o
Cuadros_ **X** _

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Office Word

MATERIAL ANEXO: ninguno

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria): Ninguno

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. Resistencia
2. Corte Paralelo
3. *Guadua angustifolia* Kunth
4. Pitalito
5. Esfuerzo Admisible

Inglés

1. Resistance
2. Parallel Cutting
3. *Guadua angustifolia* Kunth
4. Pitalito
5. Allowable Stress.

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La presente investigación se realizó con el fin de determinar la resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia* Kunth procedente del municipio de Pitalito en el departamento del Huila, debido a que en esta zona se han adelantado estudios para determinar otras características de este material. Se identificó la normatividad técnica necesaria, así como la ubicación de las zonas de estudio, selección y caracterización de los sitios de muestreo, caracterización y corte de culmos, procesamiento y obtención de probetas, la realización de ensayos para determinar dicha resistencia y un análisis estadístico de los datos. La resistencia es afectada por el factor nudo, así como por la interacción rodal-sección, cabe destacar que los rodales A y B presentan las resistencias más altas y bajas respectivamente; el factor nudo influye sobre la resistencia, ya que las probetas con presencia de nudo dieron un valor mayor. En cambio los factores sección y saturación no influyen sobre la resistencia, la humedad tampoco incide en la resistencia. Es de destacar que el esfuerzo admisible a corte paralelo a la fibra obtenido para los rodales A, B y C es inferior al estipulado en la norma técnica, mientras el rodal C presenta igual valor.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This research was conducted in order to determine the resistance to cut parallel to the fiber of *Guadua angustifolia* Kunth from the municipality of Pitalito in Huila, because in this area have advanced studies to determine other characteristics of this material. Technical regulations required as well as the location of the study areas, selection and characterization of sampling sites, characterization and cut culms, processing and preparation of samples, conducting tests to determine such resistance and statistical analysis it identified data. The resistance is affected by the knot factor, as well as the stand-section interaction, note that stands A and B have the highest resistance and low respectively; factor influences the knot strength as specimens with given knot presence of a higher value. Instead the section and saturation factors do not affect the resistance, moisture also affects the resistance. It is noteworthy that the allowable effort parallel to the fiber obtained stands for A, B and C cut is less than that stipulated in the technical standard, while the stand C has equal value.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Mauricio Duarte Toro

Firma:



Nombre Jurado: Luis Alberto Montoya Casadiego

Firma:



Nombre Jurado: Martin Emilio Orozco

Firma:



RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA EN MUESTRAS DE
Guadua angustifolia Kunth PROCEDENTES DEL MUNICIPIO DE
PITALITO - HUILA

CAMPOS VARGAS MARÍA CAMILA
ROJAS TRIANA GLORIA MILENA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA
2016

RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA EN MUESTRAS DE
Guadua angustifolia Kunth PROCEDENTES DEL MUNICIPIO DE
PITALITO - HUILA

CAMPOS VARGAS MARÍA CAMILA
ROJAS TRIANA GLORIA MILENA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Director:
M.Sc. Mauricio Duarte Toro
Codirector:
M.Sc. Caori Patricia Takeuchi Tam

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA
2016

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Director

Codirector

Neiva, Mayo 16 de 2016

Dedico este proyecto a mis padres Graciela y Jaime,
a mis hermanos Diana y Diego,
a mi novio Adal.

Gloria Milena

Dedicado a mis padres Alba Luz y Lubin,
A mis hermanas Yamileth y Alejandra,
A mi familia, amigos
y a las personas que me formaron como persona

María Camila

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Dios por ser nuestro guía y brindarnos la sabiduría, paciencia, confianza y fortaleza durante todo el trabajo.

Sus familias por su compañía, comprensión, paciencia y apoyo económico y emocional.

Los directores del proyecto Caori Patricia Takeuchi Tam y Mauricio Duarte Toro, quienes por su orientación, conocimientos, compromiso y comprensión, logramos sacar adelante este proyecto.

Juan Manuel Lizarazo Marriaga director del Instituto de Extensión e Investigación (I.E.I) de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, y los laboratoristas Jorge Olarte y José Darío Moreno, por su ayuda en el alistamiento de las probetas; la arquitecta Diana Ovalle y el profesor Jorge Lozano, del SINDU por su colaboración durante los ensayos.

A los que nos ayudaron a realizar este proyecto como lo fueron los encargados de la Granja experimental de la Universidad Surcolombiana por su colaboración en la obtención de las probetas para este proyecto.

Los amigos y compañeros de estudio, por todas las experiencias vividas y el apoyo brindado durante el desarrollo de la carrera Universitaria.

CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2.	JUSTIFICACIÓN	22
3.	OBJETIVOS	24
3.1	OBJETIVO GENERAL	24
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4.	ANTECEDENTES	25
5.	MARCO TEÓRICO	30
5.1	LA GUADUA	30
5.2	GUADUA ANGUSTIFOLIA	31
5.2.1	Morfología	32
5.3	LA GUADUA COMO MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN	33
5.4	CORTE PARALELO A LA FIBRA	34
5.5	VALOR CARACTERÍSTICO	34
5.6	ESFUERZO ADMISIBLE	34
5.7	DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS	34
5.7.1	Diseño Factorial Multinivel	36
5.7.2	Contraste de Hipótesis	38
6.	METODOLOGÍA	40
6.1	LOCALIZACIÓN	40
6.2	NORMAS Y PROTOCOLOS	41
6.3	SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO	42

6.4	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS SITIOS DE MUESTREO	42
6.5	CORTE DE LOS CULMOS	43
6.6	PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS	43
6.7	ENSAYOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA Y CONTENIDO DE HUMEDAD	44
6.8	ANÁLISIS DE DATOS	45
6.8.1	Análisis de Varianza Multifactorial	45
6.8.2	Factores, Niveles de Factor y Variable Dependiente	45
6.8.3	Organización de los Datos	46
7.	CÁLCULOS Y RESULTADOS	48
7.1	CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO	48
7.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE CULMOS	48
7.3	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS PROBETAS	48
7.4	CARGA ÚLTIMA, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA, CONTENIDO DE HUMEDAD	50
7.5	VALORES CARACTERÍSTICOS Y ESFUERZOS ADMISIBLES	52
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
8.1	SITIOS DE MUESTREO	55
8.2	EXCLUSIÓN DE DATOS ATÍPICOS	56
8.3	ANÁLISIS DESCRIPTIVO	58
8.4	ANÁLISIS INFERENCIAL Y COMPARATIVO	61
8.4.1	Análisis de Varianza Multifactorial	61
8.4.2	Pruebas de múltiples rangos para resistencia al corte	62
8.4.3	Contraste de Hipótesis	65

8.5	ANÁLISIS COMPARATIVO PARA ESFUERZOS ADMISIBLES	67
8.6	EFFECTO DE LAS INTERACCIONES	69
9.	CONCLUSIONES	72
10.	RECOMENDACIONES	74
	BIBLIOGRAFÍA	76
	ANEXOS	83

LISTA DE ABREVIATURAS

A	=	Área transversal
ϕ	=	Valor del Diámetro promedio
CH	=	Contenido de humedad
COV_v	=	Coefficiente de variación de esfuerzos para Corte
τ_{ult}	=	Resistencia última
e	=	Valor del espesor promedio
F_{ult}	=	Carga máxima a la cual falla la probeta
FDC	=	Factor de duración de carga
FC	=	Factor de reducción para esfuerzos admisibles
F_s	=	Factor de seguridad
\bar{F}_v	=	Esfuerzo básico promedio
F_v	=	Esfuerzo Admisible
f_{kv}	=	Valor característico de resistencia al corte
$f_{0,05v}$	=	Valor correspondiente al percentil 5 de los datos
l	=	Longitud de la probeta
LSD	=	Diferencia Menos Significativas
m	=	Valor promedio de los datos
n	=	Número de ensayos
P_i	=	Peso inicial
P_f	=	Peso final
s	=	Desviación estándar
t	=	Espesor promedio de la probeta

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Partes de la guadua	31
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la guadua	32
Tabla 3. Zonas de estudio del municipio de Pitalito.	42
Tabla 4. Factores y niveles de cada factor evaluados, que afectan la resistencia al corte paralelo a la fibra.....	46
Tabla 5. Clasificación de los datos, según los factores influyentes.....	46
Tabla 6. Textura del suelo de los rodales.	48
Tabla 7. Dimensiones promedio de las probetas de la sección inferior del rodal A y su respectiva área transversal	49
Tabla 8. Carga máxima, esfuerzo último y contenido de humedad de la sección inferior del rodal A.....	51
Tabla 9. Datos estadísticos, valores característicos y esfuerzos admisibles de los datos obtenidos.....	54
Tabla 10. Porcentaje de arena, limo y arcilla de los rodales y su resistencia al corte.....	55
Tabla 11. Valores Extremos.....	57
Tabla 12. Análisis descriptivo de los diámetros de las probetas por secciones ..	58
Tabla 13. Análisis descriptivo de la longitud de las probetas por secciones.....	58
Tabla 14. Análisis descriptivo de los espesores de las probetas por secciones.	59
Tabla 15. Análisis descriptivo de los datos de la humedad por secciones.....	59
Tabla 16. Análisis descriptivo de los datos de la humedad por saturación.	60
Tabla 17. Análisis de varianza para la Resistencia al corte paralelo a la fibra....	61
Tabla 18. Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia al Corte por finca.	62
Tabla 19. Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia al Corte por Sección. ..	63

Tabla 20. Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia al Corte por Saturación.	64
Tabla 21. Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia al Corte por Nudo.	64
Tabla 22. Resumen estadístico para residuos.	65
Tabla 23. Resultados del esfuerzo último, valor característico y esfuerzo admisible a corte paralelo a la fibra para diferentes regiones de Colombia.	68
Tabla 24. Caracterización física de culmos del rodal A (Longitud de entrenudos en cm).	83
Tabla 25. Caracterización física de culmos del rodal B (Longitud de entrenudos en cm).	84
Tabla 26. Caracterización física de culmos del rodal C (Longitud de entrenudos en cm).	87
Tabla 27. Caracterización física de culmos del rodal D (Longitud de entrenudos en cm).	88
Tabla 28. Caracterización física de culmos de la zona A. Diámetros y espesores de cada una de las secciones en sus extremos superiores e inferiores (cm).	90
Tabla 29. Caracterización física de culmos de la zona B. Diámetros y espesores de cada una de las secciones en sus extremos superiores e inferiores (cm).	93
Tabla 30. Caracterización física de culmos de la zona C. Diámetros y espesores de cada una de las secciones en sus extremos superiores e inferiores (cm).	96
Tabla 31. Caracterización física de culmos de la zona D. Diámetros y espesores de cada una de las secciones en sus extremos superiores e inferiores (cm).	99
Tabla 32. Caracterización física de probetas. Longitud, diámetro y espesor en sus extremos superior e inferior (cm).	102
Tabla 33. Resultados ensayo a Corte paralelo a la fibra.	113
Tabla 34. Valores Característicos y esfuerzos admisibles para los 4 rodales. .	117
Tabla 35. Valores Característicos y esfuerzos admisibles para las 3 secciones Saturadas.	117

Tabla 36. Valores Característicos y esfuerzos admisibles para las 3 secciones
No Saturadas..... 117

Tabla 37. Valores Característicos y esfuerzos admisibles con Nudo y sin Nudo.
..... 117

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 . Gráfico de Aberrantes	56
Gráfica 2. Exclusión de Aberrantes.....	57
Gráfica 3.Esfuerzo último vs Contenido de Humedad	60
Gráfica 4. Probabilidad Normal.....	66
Gráfica 5. Residuales vs predichos para resistencia a corte.	66
Gráfica 6. Residuales vs número de fila para resistencia a corte.	67
Gráfica 7. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores finca y sección.....	69
Gráfica 8. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores finca y saturación.....	70
Gráfica 9. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores finca y nudo.	70
Gráfica 10. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores sección y saturación.....	70
Gráfica 11. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores sección y nudo.....	71
Gráfica 12. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores saturación y nudo.	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo General de un proceso o sistema.	36
Figura 2. Etapas del Proyecto.....	40
Figura 3. Ubicación geográfica municipio de Pitalito.....	41
Figura 4 . Rotulando los entrenudos	43
Figura 5. Versa Tester.	44
Figura 6. Probeta fallada.....	44
Figura 7. Secado de muestras	45

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Caracterización física de culmos de <i>Guadua angustifolia</i>	83
ANEXO B. Caracterización física de probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth....	102
ANEXO C. Carga máxima, esfuerzo último y Contenido de Humedad.....	113
ANEXO D. Valores característicos y Esfuerzos admisibles.	117

GLOSARIO

ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL: en un corte transversal del culmo es el área de la sección perpendicular a la dirección de las fibras y de los vasos conductores.

BASA: segundo segmento del culmo de guadua, a continuación de la cepa, con longitud entre 4 y 6 m.

CEPA: primer segmento basal del culmo de guadua con longitudes que fluctúan entre 3 a 4 m; es la parte de la guadua que presenta el mayor diámetro y el mayor espesor de pared.

CONTENIDO DE HUMEDAD: relación en porcentaje entre el peso del agua contenida en el material y el peso del material anhidro.

CULMO: eje aéreo segmentado formado por nudos y entrenudos.

DIÁMETRO EXTERNO: diámetro de una sección transversal de una pieza de guadua medido desde dos puntos opuestos en la superficie externa.

ENTRENUDO: porción del culmo comprendida entre dos nudos; también se le conoce como canuto o cañuto, su longitud varía a lo largo del culmo.

ESFUERZOS ADMISIBLES: valores límite de esfuerzos permitidos para los esfuerzos de diseño de los elementos estructurales ante determinadas solicitaciones.

ESPESOR DE LA PARED: grosor de la pared de una probeta de *Guadua angustifolia* Kunth en mm.

MUESTRA: cantidad o grupo de probetas o especímenes.

PROBETA: segmento o pieza de guadua que se usa para ensayos o pruebas de laboratorio, con medidas específicas.

RODAL: conjunto de culmos que pueblan un terreno diferenciándolo de los colindantes.

SECCIÓN: perfil o figura que resulta de cortar una pieza o cuerpo cualquiera por un plano.

SOBREBASA: tercer segmento del culmo de guadua, localizado a continuación de la basa con longitudes hasta de 4 m.

TROZAR: dividir en segmentos un culmo.

VARILLÓN: segmento terminal del culmo de guadua, localizado a continuación de la sobrebasa, con longitudes hasta de 4 m. se utiliza tradicionalmente en cubiertas como soporte de tejas de barro.

RESUMEN

El presente trabajo describe el proceso realizado para determinar la resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia* Kunth procedente del municipio de Pitalito, sur del departamento del Huila, donde se han adelantado estudios para determinar otras propiedades mecánicas de este material. Para ello se identificaron las normas técnicas a utilizar. Las etapas de este estudio son: ubicación de las zonas de estudio, selección y caracterización de los sitios de muestreo, caracterización y corte de culmos, procesamiento y obtención de probetas, realización de ensayos para determinar dicha resistencia y un análisis estadístico de los datos.

Los rodales seleccionados son 4, denominados por las letras: A, B, C y D. Dentro de los datos analizados se encuentran longitud, diámetro, espesor, contenido de humedad, resistencia para los factores sección y finca; siendo el rodal B el que presenta menores diámetros y espesores, así como las secciones: inferior, media y superior van incrementando respectivamente su valor. Además la resistencia es afectada por el factor nudo y la interacción rodal-sección: los rodales A y B presentan las resistencias más altas y bajas respectivamente; y el factor nudo influye sobre la resistencia, ya que las probetas con presencia de nudo dieron un valor mayor. En cambio, los factores sección, saturación y contenido de humedad no influyeron sobre la resistencia. Es de destacar que el esfuerzo admisible a corte paralelo a la fibra obtenido para la guadua proveniente de los rodales A, B y D es inferior al estipulado en la norma técnica, mientras que lo encontrado para la guadua del rodal C presenta igual valor.

Palabras clave: Resistencia, corte paralelo, *Guadua angustifolia* Kunth, Pitalito, Huila, esfuerzo admisible.

ABSTRACT

This document describes the process undertaken to determine the resistance to shear parallel to the fiber of *Guadua angustifolia* Kunth from the municipality of Pitalito, southern Huila province, where researches have carried out studies to determine other mechanical properties of this material. This requires the identification of the technical standards to be used. The steps of this study were: the location of areas of study, selection and characterization of sampling sites, characterization and cut culms, processing and preparation of samples, conducting tests to determine shear resistance and statistical analysis of data.

Selected stands are 4 known by the letters A, B, C and D. The analyzed data were length, diameter, thickness, moisture content, resistance to factors crop area section; the crop area B was the one with smaller diameters and thicknesses, as well as sections: lower, middle and upper are increasing their value respectively. Furthermore, the strength is affected by the knot and crop area-section interaction: the crop areas A and B had the highest and lower resistance respectively; and the knot factor influences the strength because the specimens with knot presence had higher values of shear resistance. Instead, the section, saturation and moisture content factors not affect the resistance. It is noteworthy that the allowable stress parallel to the fiber obtained for guadua from the crop areas A, B and D was lower than the stipulated value in the technical standard, while the allowable stress for de guadua from crop area C the same value.

Keywords: Resistance, parallel shear, *Guadua angustifolia* Kunth, Pitalito, Huila, allowable stress.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia presenta un reconocimiento a nivel internacional por la amplia utilización de la guadua, desde épocas precolombinas, como un material para la construcción en múltiples estructuras tanto agrícolas como arquitectónicas. A pesar de esto, muchas veces no se tienen en cuenta algunas medidas para la manipulación de esta materia prima, lo cual ocasiona que no se aproveche adecuadamente las propiedades mecánicas que la guadua proporciona. Ahora bien, aunque se ha venido implementando la guadua en Colombia desde hace muchos años, solo en las Normas Sísmicas de Colombia de 1998 denominado con el título E, se presentaron los requisitos mínimos de diseño y construcción de casas de uno y dos pisos de bahareque cementado en madera y guadua; posteriormente en el año 2010 en el nuevo Reglamento de Diseño Sismo Resistente NSR-10, se establecieron los requisitos de diseño estructural para edificaciones que usan *Guadua angustifolia* Kunth como material principal, limitando su uso a estructuras de vivienda, comercio, industria y educación con altura máxima de dos pisos, como lo afirma la Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS)¹.

A nivel nacional existen grandes extensiones de bosques de guadua, situados en su mayoría en la zona andina, lo que ha generado que se realicen diferentes estudios alrededor de este material. Estos estudios se han llevado a cabo en su mayoría en el eje cafetero, Valle del Cauca y Cundinamarca, cuyos resultados se han tenido en cuenta para la creación del reglamento que rige el diseño de estructuras que implementan guadua como material de construcción. Igualmente, el sur del Departamento del Huila se caracteriza por tener grandes zonas con guaduales naturales donde se proporcionan condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo vegetativo de la *Guadua angustifolia* Kunth. A pesar de esto y a las características que presenta, se han realizado pocos estudios físicos y mecánicos a la guadua de esta región para así lograr determinar si los resultados que arrojan concuerdan con los presentados en el Reglamento de Diseño Sismo Resistente NSR-10. Con este fin, se analizó si la resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia* Kunth del municipio de Pitalito, se ve afectada por las condiciones del sitio en los cuales se desarrolla; además, si la sección considerada o la presencia de nudos en el cúlmo de la guadua afectan los esfuerzos al corte paralelo a la fibra de *Guadua angustifolia*.

Adicionalmente, la guadua ha sido de gran utilización para la adecuación de infraestructuras agrícolas, la construcción de viviendas y elaboración de

¹ AIS, A. C. NSR-10. Citado por: LUNA, Patricia, et al. Metodología de diseño de estructuras en *Guadua angustifolia* como material estructural por el método de esfuerzos admisibles. 2011. Revista Educación en Ingeniería (11), 66-75.

artesanías, por tanto, a través de esta investigación se desea contribuir al municipio de Pitalito, con información importante para lograr potencializar el uso de la *Guadua angustifolia* y que este se ejecute de forma controlada, alcanzando estándares de calidad; además de incentivar a la continuación de investigaciones relacionadas con esta materia prima.

2. JUSTIFICACIÓN

En el departamento del Huila existe una urgencia por superar los interrogantes que se presentan alrededor de la guadua, los cuales abarcan diferentes campos como son el ambiental, económico, científico, tecnológico, entre otros. En términos generales, con este tipo de iniciativas se pretende sensibilizar a la población para disminuir la deforestación e impulsar al departamento del Huila a ser más competitivo con nuevos productos y tecnologías, y de igual forma, resolver las necesidades de sectores vulnerables.

Todo esto se suma a la visión que el departamento del Huila tiene en marcha en cuanto al desarrollo de grandes potencialidades que le generen a la región una alta valoración comercial en nuevos sectores de clase nacional y mundial, de acuerdo al Plan Regional de Competitividad del Huila². Además incorporar en este proceso la aplicación de ciencias y tecnologías que permitan la innovación y crear estrategias para el equilibrio ambiental, mediante la formación de corredores biológicos, la reforestación y la conservación de cuencas hidrográficas.

Esto se podría derivar con la ejecución del presente proyecto; además, es importante continuar con la identificación física y mecánica de la guadua en el Municipio de Pitalito y determinar su resistencia al corte paralelo a la fibra, para así obtener valores para el diseño de estructuras en guadua y comparar los resultados encontrados con los valores presentados en la NSR-10 y otros estudios. De esta manera se espera infundir en la población la importancia y el valor ambiental, social y económico que presenta dicho material. El presente estudio ayudará a estimular a la región para dar cumplimiento con los aspectos relacionados en el plan regional de competitividad que el departamento del Huila desea desempeñar³.

Con esta investigación se pretende determinar y recomendar un valor de resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito, que se pueda utilizar para el diseño por esfuerzos admisibles; esto se logra a través de un procedimiento riguroso de laboratorio, tomando una cantidad representativa de muestras para así poder caracterizar los esfuerzos y finalmente buscar una normalización para el diseño de estructuras. Además es importante recalcar que existen factores que pueden incidir de manera positiva o negativa en el comportamiento físico y mecánico de la guadua como lo es la edad, la

² Comisión Regional de Productividad y Competitividad del Huila. Plan Regional de Competitividad del Huila. Neiva, 2010, p. 23.

³ Comisión Regional de Productividad y Competitividad del Huila. Plan Regional de Competitividad del Huila. Neiva, 2010, p. 23.

humedad y el estado físico de las probetas de ensayos; los cuales son de vital importancia en la determinación de la resistencia al corte.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar valores de resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia* Kunth procedente del municipio de Pitalito-Huila, que se puedan utilizar en el diseño por el método de esfuerzos admisibles.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar material representativo de la zona de estudio para el análisis en laboratorio de la resistencia al corte paralelo a la fibra.
- Realizar las pruebas de laboratorio correspondientes al estudio de la resistencia de la guadua ante solicitaciones de corte paralelo a la fibra y las propiedades físicas según la normatividad vigente.
- Calcular mediante análisis estadístico y la aplicación de la mecánica de sólidos, los esfuerzos máximos y admisibles de probetas de *Guadua angustifolia* Kunth.
- Correlacionar las variables de campo con los resultados de esfuerzos obtenidos.

4. ANTECEDENTES

Debido al amplio interés que ha despertado la *Guadua angustifolia* Kunth en la rama de la construcción, se han venido desarrollando un sinnúmero de investigaciones para determinar sus propiedades mecánicas, los cuales han sido de gran importancia para la determinar las capacidades óptimas y el adecuado manejo que se debe tener hacia esta materia prima. A continuación se mostrarán algunos resultados de estas investigaciones relacionadas con la resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia* Kunth.

Hidalgo⁴, en su trabajo: “Concreto reforzado con cables de bambú”, utiliza el bambú como refuerzo en el concreto, en reemplazo de varillas de acero; lo cual consiste en emplear cables hechos por torsión de cintas de la parte externa de la guadua. En los ensayos se utilizó la *Guadua angustifolia* Castilla. Se analizó la resistencia para diferentes edades, partes y zonas (con nudo o sin nudo) del culmo de la guadua. La resistencia al corte estudiada en 27 muestras estuvo entre (45 – 144) kg/cm² y en promedio fue de 93 kg/cm².

Posteriormente, en la Universidad Industrial de Santander, los investigadores Jaimes y Torres⁵ en su proyecto: “Vivienda típica prefabricada en concreto reforzado en Bambú”, diseñaron una vivienda prefabricada en concreto reforzado con cintas de bambú; en estas cintas se extrajeron de *Guadua angustifolia*, biotipo macana, y se les realizó las pruebas físico-mecánicas, en los resultados de los ensayos a corte la resistencia última fue de 57,8 kg/cm².

Díaz y González⁶, realizaron una investigación para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth, la cual fue seleccionada de rodales de los departamentos de Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y Antioquia. Estos ensayos se realizaron de acuerdo a las normas COPANT, obteniendo una resistencia máxima a la cizalladura entre (21 – 69 kg/cm²).

Por otra parte, Martínez⁷, en la misma universidad, midió los esfuerzos promedios arrojando como resultado 47 Kg/cm² (4,7 MPa) para elementos a corte o cizalladura.

⁴ HIDALGO, Oscar. Concreto reforzado con cables de Bambú. Bogotá D.C:Universidad Nacional de Colombia, 1978, p 137.

⁵ JAIMES, Miguel y TORRES, Gilberto. Vivienda típica prefabricada en concreto reforzado con bambú. Trabajo de grado (Ingeniero Civil), Bucaramanga:Universidad Industrial de Santander, 1984, p 181.

⁶ DÍAZ, J. y GONZÁLEZ, E. Propiedades Físicas y mecánicas de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth). Tesis de pregrado (Ingeniero Agrícola), Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1992, p 103.

⁷ MARTÍNEZ, Dixon. Puentes en Do mayor. Memorias I Congreso Mundial del Bambú/ guadua, Pereira, 1992. Citado por CAMACHO, Victor y PÁEZ, Humberto. Estudio de conexiones de guadua solicitadas a momento

López y Silva⁸ en su trabajo de “Comportamiento sísmoresistente de estructuras en Bahareque” utilizaron 30 probetas para realizar los ensayos de resistencia al corte, dando como esfuerzo último 43,1 Kg/cm² (4,31 MPa), esfuerzo promedio de 68,7 Kg/cm² (6,87 MPa) y un esfuerzo admisible de 11 Kg/cm².

Seguidamente, Clavijo y Trujillo⁹ evaluaron las Uniones a tracción en guadua, en la cual utilizaron como metodología para determinar la resistencia al corte, colocar un tornillo en latas de guadua a una distancia del extremo, y se aplicó una fuerza en sentido paralelo a las fibras, obteniendo un valor promedio de 42 Kg/cm². Por otra parte, Prieto y Sánchez¹⁰ en 2001, encontraron un valor promedio del esfuerzo último de corte paralelo a la fibra 47,08 Kg/cm² y esfuerzo admisible de 13 Kg/cm², este ensayo se realizó a 25 muestras, en su estudio de “Comportamiento de la *Guadua angustifolia* sometida a flexión”.

Posteriormente en 2003, Jaramillo y Sanclemente¹¹, en el proyecto de investigación: “Estudios de uniones en guadua con ángulo de inclinación entre elementos” realizado en la Universidad Nacional, mostraron que algunas uniones presentaron fallas al corte paralelo a la fibra, como es el caso de las uniones DG a 45 ° y 60 °, en las que se realizaron 54 ensayos, en los cuales se obtuvo un valor mínimo de 12,6 Kg/cm² (1,26 MPa) y un valor promedio de 32 Kg/cm² (3,20 MPa), y una desviación estándar de 12 Kg/cm² (1,20 MPa).

El proyecto: “Parámetros de diseño de elementos de guadua cultivada en el municipio de Aratoca, Santander” de Gabriele y Herrera¹² en 2004, se realizó con el objetivo de analizar las propiedades mecánicas de la guadua y en este caso, en los ensayos de esfuerzo cortante paralelo a la fibra, tomaron 60 muestras, cortadas a una longitud de 20 cm, 20 guaduas con nudo, 20 sin nudo y 20 para realizar las premuestras y observar el sistema de aplicación de carga de las platinas. Al final se obtuvo como resultado un esfuerzo último promedio de 59,2 Kg/cm² y un esfuerzo admisible de 14,8 Kg/cm².

flector. Trabajo de grado (Ingenieros Agrícolas), Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2002, p 59.

⁸ SILVA, M y LÓPEZ, L. Comportamiento sísmo-resistente de estructuras de Bahareque. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil), Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2000, p 134.

⁹ CLAVIJO, S. y TRUJILLO, D. Evaluación de uniones a tracción en guadua. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2000.

¹⁰ PRIETO, Edwin y SÁNCHEZ, Jorge. Comportamiento de la *Guadua angustifolia* sometida a Flexión. Trabajo de grado (Ingeniero Civil), Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2001.

¹¹ JARAMILLO, Diego y SANCLEMENTE, Ana. Estudio de uniones en guadua con ángulo de inclinación entre elementos. Tesis de grado (Ingeniero Civil), Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil, 2003, p 95.

¹² GABRIELE, Jose y HERRERA, Hernan. Parámetros de diseño de elementos de guadua cultivada en el municipio de Aratoca, Santander. Trabajo de grado (Ingeniero Civil), Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2004 p176.

Castrillón y Malaver¹³ en el proyecto: “Procedimientos de ensayo para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la guadua” realizaron los ensayos de resistencia al corte a 14 probetas de *Guadua angustifolia*, variedad macana, provenientes de la zona cafetera, arrojando como resultado un esfuerzo mínimo de 57,7 Kg/cm² (5,77 MPa) máximo: 92,9 Kg/cm² (9,29 MPa) y un esfuerzo promedio de 81 Kg/cm² (8,1 MPa).

Acuña y Pantoja¹⁴ en su investigación “Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*” realizada en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, determinaron el valor de resistencia al corte paralelo a la fibra de 368 probetas, de las cuales 127 probetas son procedentes de Armenia, 121 de Sylvania (Cundinamarca) y 120 probetas de Tierradentro (Cauca); en el cual arrojó un esfuerzo promedio al corte de 7,1 MPa

Posteriormente en la Universidad Nacional, sede Medellín; Ciro¹⁵ en el mismo año, realiza una investigación para determinar la resistencia mecánica a tensión y cizalladura de la *Guadua angustifolia* Kunth, en la cual analizaron 33 elementos provenientes del municipio de Venecia, Antioquia; los cuales 18 fueron utilizados para determinar la resistencia a la cizalladura y 15 para tensión, arrojando como resultados un esfuerzo último promedio a la cizalladura de 55,7 Kg/cm² (5,57 MPa).

Lozano¹⁶, en el trabajo de “Validación de la *Guadua angustifolia* como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles”, presentan el cálculo de la resistencia al corte paralelo a la fibra de 263 probetas de *Guadua* provenientes de municipios de Quimbaya, Circasia y Montenegro (Quindío), municipios de Yacopí y Pacho (Cundinamarca) y Buga (Valle del Cauca), en el cual se obtuvo una resistencia última promedio de 58,7 Kg/cm² (5,87 MPa).

Para el año 2010, Correal y Arbeláez¹⁷, realizaron el estudio de “Influence of age and height position on Colombian *Guadua angustifolia* Bamboo mechanical properties” en el cual utilizaron guadua de Caicedonia, Colombia; de edades de 2, 3, 4 y 5 años; para cada propiedad mecánica utilizaron 10 muestras de cada edad y sección de la guadua; estas pruebas se llevaron a cabo en la Universidad de los Andes. En este estudio se concluyó que la *Guadua angustifolia* tiene un esfuerzo

¹³ CASTRILLÓN, Brigitte y MALAVER, Diego. Procedimientos de ensayo para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la guadua. Tesis de grado (Ingeniero Civil), Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2004, p 94.

¹⁴ ACUÑA, Diego y PANTOJA, Nelson. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Proyecto de grado (Ingeniero Civil), Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005.

¹⁵ CIRO, Hector, et al. Determinación de la resistencia mecánica a tensión y cizalladura de la *Guadua angustifolia* Kunth. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 2005. 58(1), p 2709-2715.

¹⁶ LOZANO, Jorge, et al. Validación de la *Guadua angustifolia* como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. 2010, p 190.

¹⁷ CORREAL, Juan y ARBELÁEZ, Juliana. Influence of age and height position on colombian *Guadua angustifolia* bamboo mechanical properties. *Maderas, Ciencia y Tecnología*, 2010, 12(2), p 105-113.

medio a corte de 76 Kg/cm^2 (7,6 MPa) y ofrece la mayor resistencia al corte en la parte media y superior, entre edades de 3 a 4 años.

Cely¹⁸, desarrolló un proyecto en las instalaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, de la ciudad de Tunja, titulado: “Caracterización de la *Guadua angustifolia* Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá) de acuerdo con la NSR-10”; dicho proyecto arrojó un esfuerzo admisible de $33,5 \text{ Kg/cm}^2$ (3,35 Mpa). Determinando que la guadua en esta región es apta para ser utilizada como material de construcciones sismorresistentes, debido a que cumple con los valores de esfuerzos admisibles propuestos en la normatividad colombiana.

Ardila¹⁹ en su investigación; “Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del Bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento del Tolima, Colombia” presentó los resultados obtenidos del ensayo al corte paralelo a la fibra de 76 probetas con nudo y sin nudo de culmos de *Guadua angustifolia* extraídas de los municipios de Junín, Líbano, Palocabildo, Villahermosa; del departamento del Tolima. Mostrando el valor característico del esfuerzo en la sollicitación a corte paralelo a la fibra de $24,6 \text{ Kg/cm}^2$ (2,46 MPa) y esfuerzo admisible de $7,4 \text{ Kg/cm}^2$ (0,74 MPa).

Otra de las investigaciones realizadas en la Universidad Nacional de Colombia es presentada por Luna²⁰, en el artículo “Determinación experimental de valores característicos de resistencia para la *Guadua angustifolia*”. En este estudio se realizaron 263 ensayos en guaduas provenientes de los municipios de Quimbaya, Circasia y Montenegro (Quindío), municipios de Yacopí y Pacho (Cundinamarca) y Buga (Valle del Cauca); para determinar la resistencia última a corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*, el valor característico de este esfuerzo último fue de 35 Kg/cm^2 (3,5 Mpa).

Asimismo, Lamus²¹; con el fin de obtener las propiedades mecánicas de la guadua utilizada para los modelos físicos para determinar la rigidez de una conexión de columna-cimentación para estructuras de *Guadua angustifolia* Kunth, calculó la resistencia al corte paralelo a la fibra, el esfuerzo promedio fue de $83,9 \text{ Kg/cm}^2$ (8,39 MPa), con una desviación estándar de $13,6 \text{ Kg/cm}^2$ (1,36 MPa) y presenta 16,21 % de coeficiente de variación. Estos ensayos se llevaron a cabo con guadua originaria de Quindío.

¹⁸ CELY, Luis Alfredo, et al. Caracterización de la *Guadua angustifolia* Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá) de acuerdo con la NSR-10. *Revista Facultad de Ingeniería, UPTC*, 2012. 21(33), p 53-71

¹⁹ ARDILA, Cesar. Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima, Colombia. Maestría en Construcción, Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes. 2013, p 106.

²⁰ LUNA, Patricia, et al. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para *Guadua angustifolia*. *Maderas, Ciencia y Tecnología*, 2014. 16(1), p 77-92.

²¹ LAMUS, Fabian, et al. Rigidez de una conexión de columna-cimentación para estructuras de *Guadua angustifolia* Kunth. *Épsilon*, 2014. (22), p 39-53.

Córdova²², realiza una investigación para determinar las propiedades mecánicas y estructurales de la *Guadua angustifolia* Kunth del Ecuador. Esta investigación se llevó a cabo en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Donde se tomaron 15 muestras, provenientes de Quevedo, las cuales se les realizaron los ensayos correspondientes para determinar los esfuerzos mecánicos de la guadua. Con relación a la resistencia al corte paralelo a la fibra se calculó el esfuerzo promedio de 75,9 Kg/cm² (7,59 MPa), con una desviación estándar de 12,3 Kg/cm² (1,23 MPa).

En el proyecto: “Propiedades física-mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth y aplicación al diseño de baterías sanitarias del IASA II”, realizado en la Escuela Politécnica del Ejército del Ecuador por Cobos y León²³ en 2007; se determinaron las propiedades mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth, donde en el caso de la resistencia al corte paralelo a la fibra, se realizó el ensayo a 12 muestras, obteniéndose: 54,6 Kg/cm² (5,46 MPa) de esfuerzo máximo promedio; y se calculó el esfuerzo admisible al corte paralelo de 13,27 Kg/cm².

Igualmente, Gutiérrez²⁴ en 2010, en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú; realiza un estudio sobre “Uniones Estructurales con Bambú (*Guadua angustifolia*)”, en el cual los ensayos se realizaron con guadua proveniente del norte del Perú: departamento de Amazonas, provincia de Bagua y Bongora, distritos de Chica y La Florida. Para los ensayos de corte, se realizaron 5 pruebas y las dimensiones de las probetas se realizaron según a la norma internacional ISO 22156:2004. Dando como resultado un valor promedio de 64,1 Kg/cm².

²² CÓRDOVA, Pedro. Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la caña de *Guadua angustifolia* Kunth del Ecuador. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Ingeniería .2014, p 201.

²³ COBOS, Jorge y LEÓN, Xavier. Propiedades físicas-mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth y aplicación al diseño de baterías sanitarias del IASA II. Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del ejército., 2007, p 113.

²⁴ GUTIÉRREZ, Sergio. Uniones estructurales con bambú (*Guadua angustifolia*). Tesis, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2010, p 113

5. MARCO TEÓRICO

Según Pantoja y Acuña²⁵, existe bastante información científica referente al bambú, proveniente de diferentes países, tales como Japón, Puerto Rico, Brasil, entre otros, llevando a cabo estudios sobre el cultivo, sus propiedades, desarrollo, uso y aplicaciones; pero como las propiedades físico-mecánicas de dicho material varían de un lugar a otro ya que dependen directamente de las características medioambientales del lugar de estudio, dichos estudios solo pueden aplicarse en la región donde se realiza la investigación.

“En el mundo, existen cerca de 1600 especies de bambú, y el 64% de ellas son nativas del sureste de Asia, 33% crece en Latinoamérica, y el resto en el África y Oceanía. En Norteamérica existen únicamente tres especies nativas, comparadas con las 440 de Latinoamérica”.²⁶ De acuerdo con Londoño y Prieto²⁷, en América Tropical se identifican 41 géneros, de ellos 21 son herbáceos y 20 leñosos, en Colombia se encuentran la Chusquea y la *Guadua* como los más representativos.

5.1 LA GUADUA

La guadua, es un bambú leñoso perteneciente a la familia de las gramíneas, taxonómicamente a las Poaceae, existiendo en el mundo cerca de 1000 especies, 500 de ellas en América, de éstas aproximadamente 20 conforman las especies prioritarias de bambú y dentro de ellas Colombia posee la *Guadua angustifolia*, la cual como dice McClure²⁸, sobresale por su altura, propiedades mecánicas (resistencia y trabajabilidad), durabilidad de sus tallos e importancia en la economía local de los lugares en donde se desarrolla.

De acuerdo con el Centro Nacional para el estudio del Bambú - guadua, esta se divide en seis partes a lo largo de su sección longitudinal como se muestra en la Tabla 1.

²⁵ PANTOJA, Nelson y ACUÑA, Diego. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005.

²⁶ ADAMS, Cassandra. Bamboo Architecture and Construction with Oscar Hidalgo [Bambú Arquitectura y Construcción con Oscar Hidalgo], citado por González, Luis. Elementos para la caracterización mecánica de la *Guadua angustifolia* Kunth. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. p 1.

²⁷ LONDOÑO, Ximena y PRIETO, Leonardo. Introducción al estudio fitoecológico de los guaduales del valle geográfico del Río Cauca, citado por González, Luis. Elementos para la caracterización mecánica de la *Guadua angustifolia* Kunth. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. p 1.

²⁸ MCCLURE, F. The bamboo: A fresh perspective [El bambú: Una nueva perspectiva], citado por Uribe, Maritza y Durán, Alejandro. Estudio de elementos solicitados a compresión armados por tres guaduas. Tesis de grado Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Civil. 2002. 125 p.

Tabla 1. Partes de la guadua

Parte	Descripción
Rizoma	Es un tallo modificado, subterráneo, que conforma el soporte de la planta. Las raíces o rizomas se encuentran hasta a 2.0 m de profundidad. Tiene forma de “caimán”.
Cepa	Es la sección basal del culmo con mayor diámetro, la distancia de sus entrenudos es corta, proporcionando una mayor resistencia. Su longitud es de 3.0 m aproximadamente.
Basa	Parte de la guadua que posee mayores usos, debido a que su diámetro es intermedio y la distancia entre nudos es mayor que en la cepa; tiene una longitud aproximada de 8.0 m.
Sobrebasa	El diámetro es menor y la distancia entre nudos es un poco mayor comparada con la basa. Es un tramo de guadua con buen comercio, debido a su diámetro que permite buenos usos. La longitud es de aproximadamente 4.0 m.
Varillón	Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3.0 m.
Copa	Es la parte apical de la guadua, con una longitud entre 1.2 y 2.0 m.

Fuente: Acuña y Pantoja²⁹

De acuerdo a Londoño³⁰, la guadua puede constituirse como el género de bambú nativo más importante de América tropical, por ser endémica de dicho continente, contando con aproximadamente 30 especies que se distribuyen desde México hasta Argentina, éstas se pueden encontrar en un rango de altitud que va desde el nivel del mar hasta los 2200 m.s.n.m. Además, se considera el tercer bambú más grande del mundo, superada solamente por dos especies del continente asiático; también se le denomina como: “una gramínea gigante que puede alcanzar hasta los 30 m de altura o más y cuyo diámetro puede variar entre 1 y 22 cm”.³¹

5.2 GUADUA ANGUSTIFOLIA

Este bambú (*Guadua angustifolia*), como dice CORPEI-CBI (Corporación de Promoción de Exportación e Inversión-Center for the Promotion of Imports from Developing Countries)³², sobresale por sus propiedades estructurales tales como la relación resistencia/peso, excediendo a la mayoría de las maderas y puede compararse incluso con el acero. Además su capacidad para absorber energía,

²⁹ PANTOJA, Nelson y ACUÑA, Diego. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005. p 17-18.

³⁰ LONDOÑO, Ximena. A decade of observations of a *Guadua angustifolia* plantations in Colombia [Una década de observaciones de unas plantaciones de *Guadua angustifolia* en Colombia], citado por Moreno, L, et al. Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 126.

³¹ HIDALGO, O. Bamboo. The gift of the gods [Bambú. El regalo de los dioses], citado por Moreno, L, et al. Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 126.

³² CORPEI-CBI. Expansión de la Oferta Exportable del Ecuador. Perfil de Producto: Bambú (Caña *Guadua angustifolia*) “Caña Brava”. 2003, p 3.

permite que sea más flexible y resistente que la mayoría de las maderas comunes, haciéndolo un material ideal para construcciones sismo-resistentes.

“La *Guadua angustifolia* es la especie nativa más importante de Colombia, y fue identificada inicialmente por los botánicos Humboldt y Bonpland como *Bambusa Guadua*, posteriormente en 1822 el botánico alemán Karl S. Kunth identifica el género *Guadua*, haciendo uso del vocablo indígena “*guadua*”, con el que lo identificaban las comunidades indígenas de Colombia y Ecuador. Kunth rebautiza la especie con el nombre de *Guadua angustifolia*, que significa: hoja angosta”.³³

5.2.1 Morfología

Morfológicamente según Arbeláez³⁴, en una *Guadua angustifolia* se identifican las siguientes partes: raíz, tallo, hojas, flores y frutos, pero, es el tallo, y particularmente el culmo, el que más se ha aprovechado para diferentes aplicaciones. El culmo se origina en el ápice del rizoma, y una vez que brota del suelo lo hace cubierto de hojas caulinares con el diámetro máximo que tendrá de por vida. Dependiendo de las condiciones climáticas, edáficas y de la época de brotamiento, tarda entre 4 y 6 meses para desarrollar su altura definitiva. Además, el culmo de esta especie es un cilindro hueco y adelgazado dividido en segmentos o internodos separados por diafragmas (nodos), que en conjunto con una pared maciza dan al tallo una increíble resistencia mecánica. Los internodos pueden alcanzar diámetros entre 10 y 14 cm, así como alturas entre 17 y 23 m, según lo indicado por Hidalgo.³⁵

El Código Internacional de Nomenclatura Botánica ha establecido para la *Guadua* 14 rangos taxonómicos, los cuales se relacionan en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la *Guadua*

Reino	Vegetal
División	Spermatofitas
Subdivisión	Angiospermas
Orden	Glumiflorales
Clase	Monocotiledóneas
Familia	Poaceae
Subfamilia	Bambusoideae
Supertribu	Bambusodae

³³ LONDOÑO, Ximena. La *Guadua* un bambú importante de América, citado por Moreno, L, *et al.* Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 126.

³⁴ ARBELÁEZ, Anacilia. La estructura morfológica del culmo de la *Guadua angustifolia* Kunth. citado por Moreno, L, *et al.* Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 126.

³⁵ HIDALGO, O. Bamboo. The gift of the gods [Bambú. El regalo de los dioses], citado por Moreno, L, *et al.* Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 126.

Tabla 2. (Continuación)

Tribu	Bambuseae
Subtribu	Guadinae
Género	guadua
Especie	<i>angustifolia</i> Kunth
Variedad	Bicolor
Forma	Castilla, Cebolla, Macana, Cotuda, Rayada
Nombre Científico	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth (Bambusa <i>Guadua</i> H et B)

Fuente: Acuña y Pantoja³⁶

5.3 LA GUADUA COMO MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN

Colombia es uno de los países que más ha utilizado la guadua desde épocas coloniales y se emplea mayormente en la zona rural para la construcción de casas en bahareque, puentes y entre otras obras estructurales. Aunque anteriormente se pensaba que las estructuras en guadua no ofrecían la resistencia y seguridad adecuada para la construcción de obras complejas; esta idea fue cambiando, debido a que se demostró que este material es sismoresistente y una prueba de esta propiedad fue el terremoto que sacudió a la ciudad de Armenia, en el cual se observó que las pocas viviendas que resistieron a esta catástrofe fueron las fabricadas en Bahareque; como lo expresa Colorado³⁷, esto es debido a su poco peso lo que es importante para reducir el impacto de las fuerzas sísmicas, la forma regular que posee, además su flexibilidad, estabilidad, ductilidad y ofrece mayor seguridad en actividad telúrica, lo cual no ocurre con otros sistemas constructivos.

Igualmente, las construcciones con guadua tradicionalmente se han realizado con pocos conocimientos sobre sus propiedades físicas y mecánicas, pero en la actualidad se han llevado a cabo diferentes estudios sobre estas características y reconocidos arquitectos han desarrollado grandes y majestuosas estructuras con este material, lo que ha mostrado la versatilidad e importancia de este material. Debido a todo esto se incorporó la guadua en la Norma Colombiana de construcciones sismoresistente (NSR-10), para tener en cuenta las medidas necesarias que se deben tener al momento de construir con esta materia prima.

Además, de acuerdo a Córdova³⁸; con la creación de sistemas de diseños y de construcción adecuados se puede reducir el costo de producción, asimismo se implementaría mano de obra calificada con estándares de seguridad y de calidad que facilitaría el uso de la guadua dentro de un mercado regulado.

³⁶ PANTOJA, Nelson y ACUÑA, Diego. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005. p 21-22.

³⁷ COLORADO, Alexandra. La guadua, una maravilla natural de grandes bondades y promisorio futuro, p. 11.

³⁸ CÓRDOVA, Pedro. Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la caña de *Guadua angustifolia* Kunth del Ecuador. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Guayaquil:Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Ingeniería .2014, p. 201.

5.4 CORTE PARALELO A LA FIBRA

El esfuerzo cortante es generado por acción de fuerzas directas que tienden a cortar el material, lo cual se trata de un cortante directo o simple; además, el esfuerzo cortante también se presenta de manera indirecta en muestras que trabajan a tracción, torsión y flexión, haciéndolo un esfuerzo importante en las propiedades mecánicas de la guadua; ya que, según Londoño³⁹ al igual que la compresión, cuando fallan las estructuras lo hacen por estas dos propiedades.

Además, y de acuerdo con Quispe⁴⁰, las secciones con nudo tienen una resistencia al corte 50 % más que en los entrenudos. Además, el esfuerzo cortante es mayor en los tallos delgados que en los gruesos, debido a la mayor proporción de fibras por sección transversal.

5.5 VALOR CARACTERÍSTICO

El valor característico de resistencia es necesario para determinar el esfuerzo admisible y se calcula con base en el percentil 5, el valor promedio, la desviación estándar y el número de datos de los resultados de ensayos. Para determinarlo se puede utilizar la metodología que se encuentra en el capítulo G.12.7.4 de la NSR10.

5.6 ESFUERZO ADMISIBLE

Valor límite de esfuerzo permitido para los esfuerzos de diseño de los elementos estructurales ante determinadas solicitaciones.

5.7 DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS

El análisis de experimentos es un proceso en el cual se realiza un análisis estadístico de datos reales para lograr obtener resultados y conclusiones confiables. Según Montgomery⁴¹, los métodos de diseño y análisis de experimentos han encontrado amplia aplicación en diversas disciplinas y de gran importancia en los procesos de ingeniería ya que se crean innovaciones o se hacen mejoramientos de productos, además, permiten mejorar el rendimiento de

³⁹ LONDOÑO, Ximena. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. 2002, p. 34.

⁴⁰ QUISPE, Tania. Elementos estructurales de Bambú (*Guadua angustifolia*): Tijera y Viga. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Civil. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de Ingeniería Civil, 2010, p.131.

⁴¹ MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda Edición. México. Limusa Wiley, 2004. p 8.

los procesos como la reducción de costos globales. De hecho, la experimentación puede considerarse parte del proceso científico y uno de los medios para conocer el funcionamiento de sistemas y procesos.

Según Montgomery, las aplicaciones que tienen el diseño y análisis de experimentos en la Ingeniería son:

- a. La evaluación y comparación de configuraciones de diseños básicos.
- b. La evaluación de materiales alternativos.
- c. La selección de los parámetros del diseño para que el producto tenga un buen funcionamiento en una amplia variedad de condiciones de campo, es decir, para que el producto sea robusto.
- d. La determinación de los parámetros clave del diseño del producto que afectan el desempeño del mismo.⁴²

Para Mendoza y Bautista⁴³, el análisis experimental debe tener algunas características como: simplicidad, grado de precisión, ausencia de error sistemático, rango de validez de las conclusiones y cálculo del grado de incertidumbre.

Según Granados⁴⁴, todo proceso o sistema se puede representar a través del modelo mostrado en la Figura 1.

El método estadístico es un proceso de planteamiento, recolección, análisis y presentación científica para lograr una comprensión adecuada y soluciones óptimas.

En la Unidad de Análisis Estadístico⁴⁵, se clasifican los modelos estadísticos según la función y el objetivo:

- a. Estáticos o Transversales: Se estudia un fenómeno en un instante en el tiempo.
- b. Dinámicos o Longitudinales: Es estudiada la evolución de un fenómeno a lo largo del tiempo
- c. Extrapolativos: Se dispone de la información de una variable.

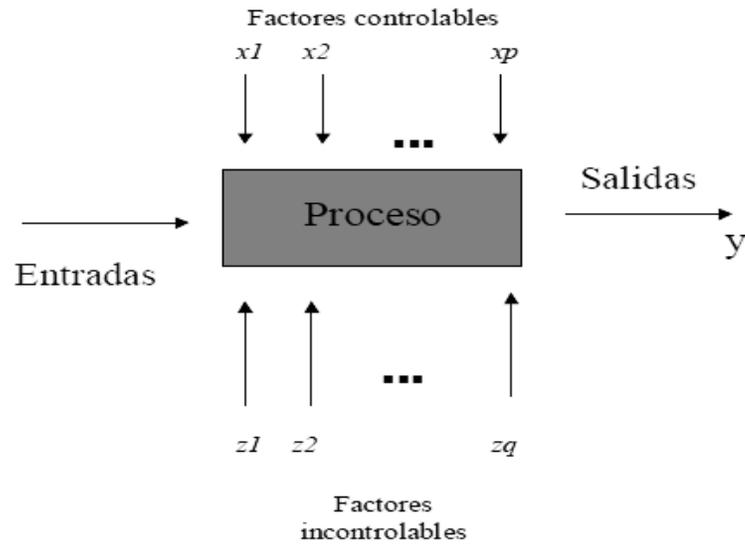
⁴² MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda Edición. México. Limusa Wiley, 2004. p 8.

⁴³ MENDOZA, Henry y BAUTISTA, Gloria. Diseño Experimental. Universidad Nacional de Colombia, 2002. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000352/> [Consulta: Jueves, 05 de Noviembre de 2015].

⁴⁴ GRANADOS, Dorlé. Mejoras en el proceso de laminado, para una empresa del ramo de confitería. Tesis profesional Licenciatura en Ingeniería Industrial. Cholula, Puebla, México. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial y Textil, 2003. p 61.

⁴⁵ Unidad de Análisis Estadístico. El Método Estadístico. [Anónimo]. http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web_UAE/metodo/metodo.htm [Consulta: Jueves, 05 de Noviembre de 2015].

Figura 1. Modelo General de un proceso o sistema.



Fuente: Diseño y Análisis de Experimentos⁴⁶

5.7.1 Diseño Factorial Multinivel

De acuerdo con Prat⁴⁷, los diseños que permiten experimentar con todas las combinaciones de variables y niveles son denominados diseños factoriales. Además, este tipo de diseños presenta diversas ventajas, ya que permiten ser utilizados secuencialmente, acercarse al óptimo y estimar interacciones, así como proporcionar estimaciones de los efectos de las variables con una varianza reducida, ya que se calculan con todas las observaciones y son relativamente sencillos de construir y analizar.

“Su principal inconveniente es que requieren un gran número de experimentos. Este inconveniente se soluciona a través de dos caminos. El primero, es la utilización de dos niveles para cada variable. El segundo, utiliza los diseños factoriales fraccionales”.⁴⁸

Como dice Ticona⁴⁹, los diseños factoriales multinivel son usados para estudiar efectos con q factores cuantitativos; inicialmente se especifica un rango de cobertura para cada factor el cual es variado y el número de diferentes niveles en los cuales se realiza el estudio; los pasos para hacer un diseño factorial multinivel usando Statgraphics son:

⁴⁶ MONTGOMERY, Douglas. Diseño y Análisis de Experimentos. Ed. Iberoamericana. México 1991. p 2. Citado por Granados, Dorlé. Mejoras en el proceso de laminado, para una empresa del ramo de confitería. Tesis profesional Licenciatura en Ingeniería Industrial. Cholula, Puebla, México. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial y Textil, 2003. p 61.

⁴⁷ PRAT, Albert, *et al.* Control y Mejora de la Calidad. Edicions UPC, 1998. p 132-133.

⁴⁸ PRAT, Albert, *et al.* Control y Mejora de la Calidad. Edicions UPC, 1998. p 133.

⁴⁹ TICONA, Julio, *et al.* Diseño Factorial Multinivel. [Diapositivas]. 2014. Diapositiva 5, 12-20. Color.

- a. Seleccionar el tipo de diseño, el número de variables de respuesta y el número de factores experimentales.
- b. Definir los factores experimentales.
- c. Definir la(s) variable(s) respuesta.
- d. Precisar el número de réplicas o las opciones del diseño.

“Los diseños factoriales completos comprenden los experimentos óptimos para estudiar qué variables influyen en el sistema. Los mayores beneficios de los diseños factoriales multinivel completos se obtienen cuando se deben estudiar pocas variables. El motivo es que el número de experimentos crece exponencialmente con el número de factores y/o niveles.”⁵⁰

- Análisis de la Varianza (ANOVA, del inglés Analysis of Variance). “Es un método que permite comparar varias medias en diversas situaciones; muy ligado, por tanto, al diseño de experimentos y, de alguna manera, es la base del análisis multivariante”.⁵¹

El análisis de varianza, según González⁵², se ha utilizado para la verificación de la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre medias cuando se tienen más de dos muestras. Además, sirve para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de una población o tratamiento es distinta de la media de otra población.

Para Vicéns⁵³, el análisis de varianza se contempla como un caso especial de la modelización econométrica, en el cual, el conjunto de variables explicativas son variables ficticias y la variable dependiente es de tipo continuo. Por lo tanto, la estimación del modelo significa la realización de un análisis de varianza clásica, de amplia tradición en los estudios y diseños experimentales.

De acuerdo con Boqué y Maroto⁵⁴, la aplicación del ANOVA se clasifica de dos formas, según el objetivo que se persigue:

- a. La comparación de múltiples poblaciones o columnas de datos.
- b. La estimación de los componentes de variación de un proceso.

⁵⁰ TICONA, Julio, *et al.* Diseño Factorial Multinivel. [Diapositivas]. 2014. Diapositiva 29, Color.

⁵¹ ABRAIRA, Víctor. Bioestadística Clínica. Análisis de la Varianza. Hospital Universitario Ramón y Cajal. http://www.hrc.es/bioest/Anova_1.html [Consulta: 03 de Noviembre de 2015].

⁵² GONZÁLEZ, Isidro. Diseño de experimentos y su aplicación en la industria. En: Ingenio y Conciencia, Enero de 2014 Vol.1, No. 1. <http://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/sahagun/n1/e1.html> [Consulta: 05 de Noviembre de 2015].

⁵³ VICÉNS, José, *et al.* Análisis de la varianza (ANOVA). 2005. p 4.

⁵⁴ BOQUÉ, Ricard y MAROTO, Alicia. El análisis de la varianza (ANOVA). 1. Comparación de múltiples poblaciones. Grupo de Quimiometría y Cualimetría. Universitat Rovira i Virgili. p 1.

“Si el diseño es unifactorial, se aplica ANOVA de clasificación simple o de una vía; si el diseño es multifactorial, el ANOVA correspondiente será de dos vías (dos factores), de tres vías (tres factores), entre otros. Si se tiene un factor y una variable de agrupación (diseño de bloques) el ANOVA también es de dos vías. Si se tiene un factor y dos variables de agrupación (diseño de cuadro latino) el ANOVA será de tres vías, esto se generaliza al caso de n-vías de clasificación”⁵⁵.

Según el número de repeticiones se tiene ANOVA con igual número de repeticiones por tratamiento y ANOVA con diferente número de repeticiones por tratamiento.

Además, Eisenhart plantea que la forma de seleccionar los niveles de los factores también determina el tipo de análisis:

- a. Modelo I de ANOVA o modelo de efectos fijos: Cuando los niveles son fijos o escogidos por el investigador.
- b. Modelo II: Modelo de efectos aleatorios o modelo de componentes de varianza: Si los niveles son seleccionados al azar de un grupo grande (población).
- c. Modelo III o modelo mixto: Es usado cuando hay factores con niveles fijos y factores con niveles aleatorios en el experimento.

5.7.2 Contraste de Hipótesis

Una hipótesis estadística, según Vicente⁵⁶, es una afirmación que se hace acerca de una o varias características de una población, dichas características pueden ser los parámetros de una distribución de probabilidad predeterminada, seleccionada para la población. Existen hipótesis paramétricas y no paramétricas.

“Un contraste de hipótesis o Test de hipótesis estadístico es una prueba de significación o una prueba estadística, que indican el proceso mediante el cual se decide si una proposición respecto de la población, debe ser aceptada o no. Esta proposición es lo que se denomina hipótesis estadística”.⁵⁷

⁵⁵ EISENHART. 1947. Citado por Pacheco, Pedro Nel. Unidad 3: Diseños completamente aleatorizados. Principios del análisis de varianza. Curso virtual diseño experimental para posgrados. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Estadística. http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/dis_exp/und_3/html/creditos.html [Consulta: Jueves, 05 de Noviembre de 2015].

⁵⁶ VICENTE, José. Introducción a los contrastes de hipótesis. Universidad de Salamanca. Departamento de Estadística. p 3.

⁵⁷ MONTERO, Alonso. Inferencia, estimación y contraste de hipótesis. Apuntes de Estadística II. p 55. <http://www.ugr.es/~eues/webgrupo/Docencia/MonteroAlonso/estadisticall/tema4.pdf>. p 11.

Como dice Vicente⁵⁸, generalmente se contrastan dos hipótesis. Estos son:

- a. Hipótesis nula (H_0): Es la hipótesis en la que se basa el procedimiento de contraste, normalmente está formada por un único valor del parámetro.
- b. Hipótesis alternativa (H_a): También llamada hipótesis de trabajo o hipótesis a investigar, es la hipótesis que se acepta cuando se rechaza la nula y viceversa, formada por un conjunto de valores.

Barón y Téllez⁵⁹, plantean dos tipos de errores posibles al realizar un contraste de hipótesis:

- a. Tipo I: Rechazar la hipótesis nula, cuando esta es cierta.
- b. Tipo II: No rechazar la hipótesis nula, cuando esta es falsa. A la probabilidad de que ocurra se la denomina β .

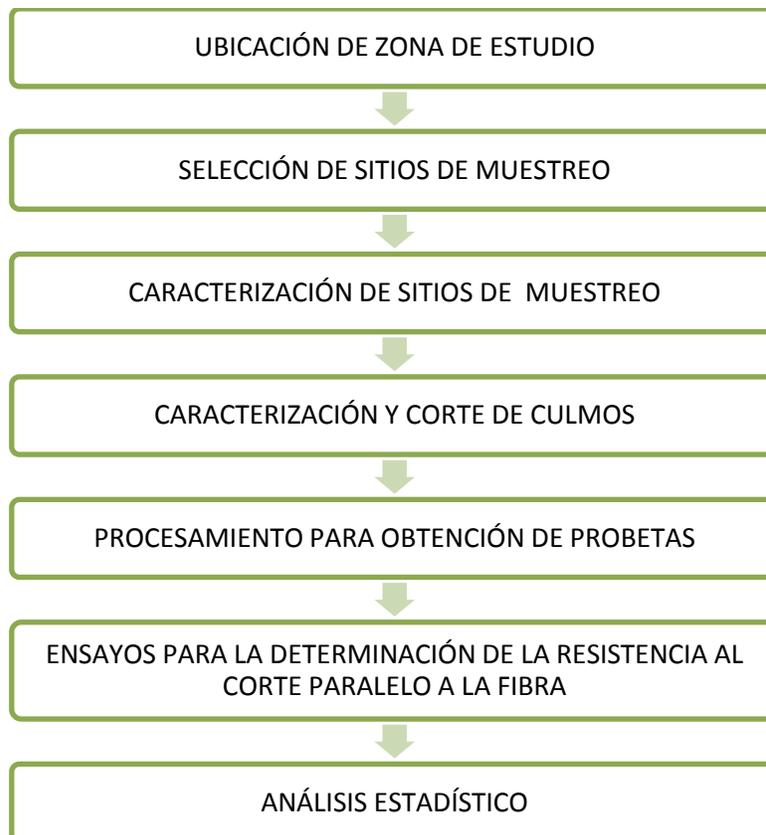
⁵⁸ VICENTE, José. Introducción a los contrastes de hipótesis. Universidad de Salamanca. Departamento de Estadística. p 3.

⁵⁹ BARÓN, F y TÉLLEZ, F. Apuntes de Bioestadística. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 18. cap03

6. METODOLOGÍA

Para garantizar el adecuado proceso del proyecto de investigación se tuvieron en cuenta etapas de desarrollo que abarcan desde la selección y ubicación de la zona de estudio hasta el análisis estadístico de los ensayos realizados y que se ilustran en la Figura 2.

Figura 2. Etapas del Proyecto

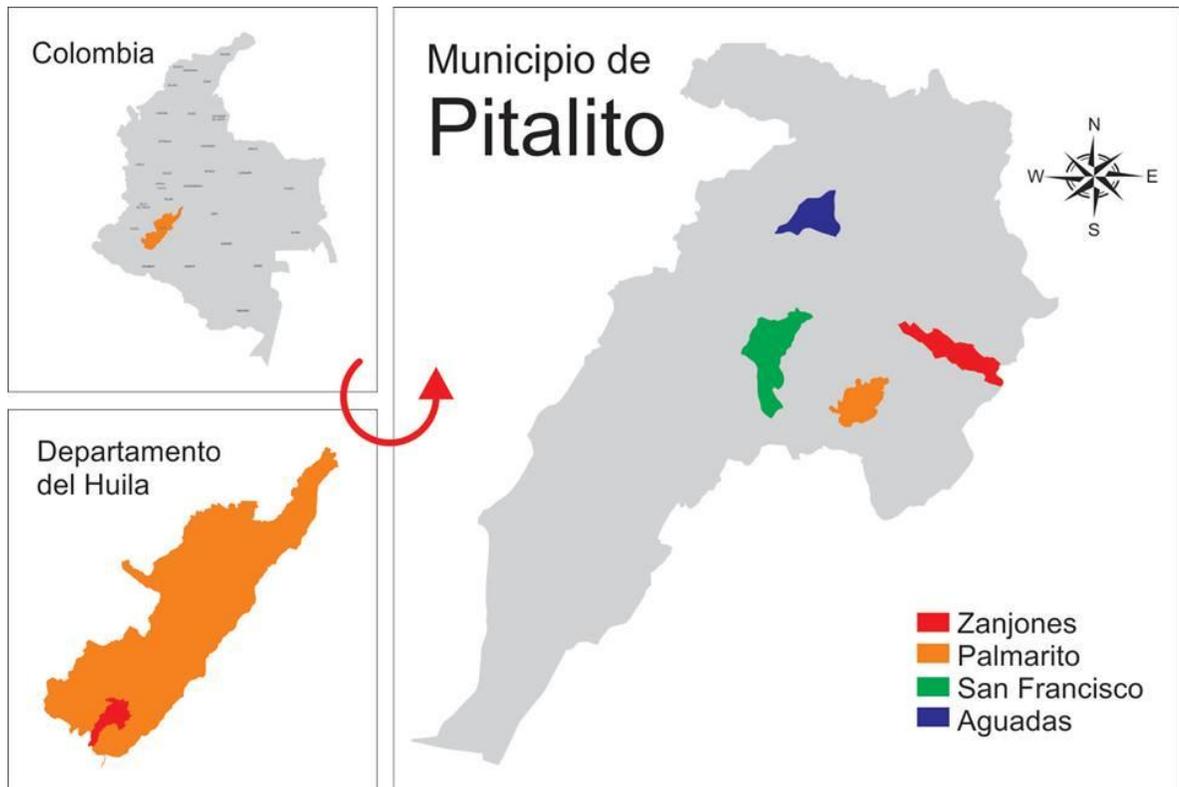


6.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto se llevó a cabo en la zona rural del municipio de Pitalito, ubicado en la parte sur del departamento del Huila (Figura 3), específicamente este municipio se encuentra a una altitud promedio de 1318 m.s.n.m. y a una temperatura promedio oscilante anual entre 17 - 22°C. Geográficamente los límites de la zona de estudio

son: latitud 1°53'36,00"N - 1°47'13,80"N y longitud 76°01'58,31"O - 76°06'57,40"O, de acuerdo con el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS.

Figura 3. Ubicación geográfica municipio de Pitalito



6.2 NORMAS Y PROTOCOLOS

Se tuvieron en cuenta distintas normas y protocolos para la realización de las diferentes etapas del proyecto, como lo son: la selección, caracterización, corte de culmos y probetas, ensayos de determinación de la resistencia al corte paralelo a la fibra y contenido de humedad. Dichas normas y protocolos se enumeran a continuación:

1. Norma unificada para el manejo y aprovechamiento de la guadua.
2. ISO/TC 165N315. "Laboratory manual on testing methods for determination of physical and mechanical properties of bamboo".
3. ISO/DIS 22157-1 "Determination of physical and mechanical properties of bamboo". Part 1: Requirements.
4. ISO/DIS 22157-2. "Determination of physical and mechanical properties of bamboo". Part 2: Laboratory Manual.

5. NTC5525 “Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth”.
6. NSR10 capítulo G.12 “Normas Colombianas de diseño y construcción sísmo resistente”.
7. Proyecto de investigación (2008M6336). Protocolos de la Universidad Nacional de Colombia “Corte de culmos y probetas, medición del contenido de humedad para la *Guadua angustifolia* Kunth.

6.3 SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Para la selección de los sitios de muestreo se tuvieron en cuenta los predios escogidos en los proyectos “Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito-Huila”⁶⁰ y “Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito-Huila”⁶¹, para lograr una caracterización de la guadua de estos rodales y así tener resultados más exactos sobre las propiedades físico - mecánicas de la guadua del departamento del Huila. Por lo tanto se seleccionan cuatro rodales de la región para el desarrollo de este proyecto de investigación, se identifica con una letra cada zona de acuerdo a la NTC 5525 y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Zonas de estudio del municipio de Pitalito.

Predio	Vereda	COORDENADAS MAGNA-SIRGAS		
		Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m.s.n.m)
A: La Dalia	Palmarito	1°47'13,80"	76°04'03,40"	1294
B: La Esperanza	San Francisco	1°50'06,00"	76°06'57,40"	1313
C: Villa María	Zanjones	1°50'26,11"	76°01'58,31"	1279
D: Yamboró	Aguadas	1°53'36,00"	76°05'25,10"	1331

Fuente: Capera y Erazo

6.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Previamente se realizaron visitas a los rodales para la identificación y selección de las guaduas adecuadas para el estudio, las cuales deben estar en edades entre los 4 y 6 años, en este rango de edad las guaduas se encuentran ya maduras y aptas para ser utilizadas.

⁶⁰ CAPERA Andres y ERAZO, Wilson. Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito-Huila. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrícola), Neiva: Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. 2012, p145.

⁶¹ ALARCÓN, Jhon y OLARTE, Jairo. Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito - Huila. Proyecto de grado para la obtención del título de Ingeniero Agrícola. Neiva: Universidad Surcolombiana. 2013, p 149.

6.5 CORTE DE LOS CULMOS

Inicialmente se marcaron y cortaron el número de culmos necesarios para realizar los ensayos, teniendo en cuenta que el corte se debe realizar cuando la luna estuviera en cuarto menguante y que las guaduas cumplieran con lo estipulado en la norma NTC 5525.

Transcurridos 15 días, se procedió a Rotular y medir la longitud de todos los entrenudos. A cada predio o rodal se le asignó una letra para identificarlos, por consiguiente se refiere a cada uno de ellos como zona A, B, C y D. El rótulo (Figura 4) para la diferenciación de las guaduas contienen: la letra del predio, seguido del número de la guadua en ese rodal, el número del entrenudo y por último el tramo al que pertenece dicho entrenudo (Inferior, Medio o Superior). Luego se procedió a cortar cada tallo, los cuales fueron cortados en 3 secciones longitudinales: cepa o inferior (1,5 m), basa o medio (4,5 m) y sobre-basa o superior (3,0 m).

Figura 4 . Rotulando los entrenudos



6.6 PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

Para esto se caracterizaron los extremos de cada sección de la guadua, midiendo diámetros y espesores. Luego se trasladan a la ciudad de Neiva donde se cortan las probetas con nudo y sin nudo, de longitud igual a la medida de su diámetro, luego se rotulan nuevamente, se pulen y nivelan, seleccionando las utilizadas para fallar y sumergiéndolas en agua durante dos semanas para evitar las fisuras por pérdida de humedad. Las probetas seleccionadas no deben presentar defectos, como por ejemplo, orificios y hendiduras.

Las probetas seleccionadas son transportadas hasta la Universidad Nacional Sede Bogotá, donde se realiza nuevamente la caracterización de cada una de las probetas a ensayar en el Instituto de Extensión e Investigación (IEI).

6.7 ENSAYOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

Se realizaron los ensayos de resistencia al corte de las probetas, para ello fue necesario disponer de una máquina de compresión (Versa Tester) del Laboratorio del Sindú de la Universidad Nacional (Figura 5), en la cual se fallaron 307 probetas, de las cuales 125 fueron saturadas y 182 no saturadas (Figura 6) a una velocidad aproximada de 0,01 mm/s.

Figura 5. Versa Tester.



Figura 6. Probeta fallada



Para controlar la humedad de las probetas a fallar no saturadas se utilizó un higrómetro electrónico (HydromeTe HT 65 marca GANN), y algunas probetas de referencia.

Las probetas luego de que son falladas se rajan de tal forma que quede un trozo pequeño, el cual será llevado al horno para el proceso de secado (figura 7).

Figura 7. Secado de muestras



Se dispuso de los siguientes equipos y herramientas para la ejecución de los ensayos:

- Calibrador
- Acolilladora
- Balanzas
- Hornos
- Pie de Rey
- Máquina de compresión (Versa Tester)
- HydromeTe HT 65 (GANN)

6.8 ANÁLISIS DE DATOS

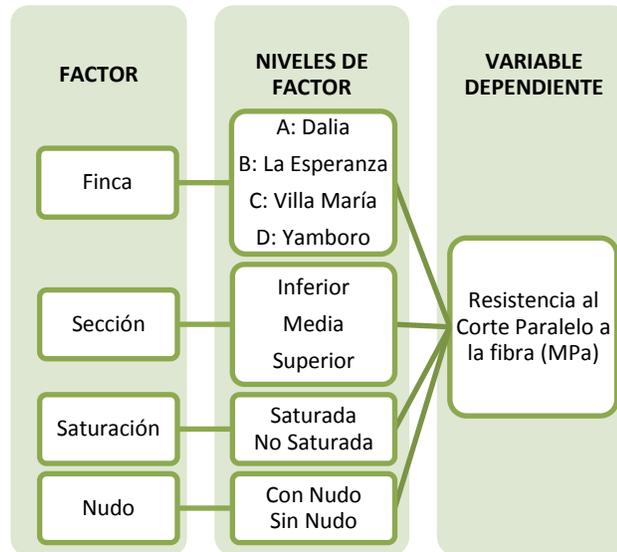
6.8.1 Análisis de Varianza Multifactorial

Para realizar el análisis de varianza multifactorial se valoraron 169 probetas de las 307 falladas, es decir que se descartaron 138 (45 %). A las 169 se les efectuó el análisis estadístico a través del software STATGRAPHICS CENTURION, tomando como hipótesis la normalidad, homocedasticidad e independencia de los datos.

6.8.2 Factores, Niveles de Factor y Variable Dependiente

Para el análisis, se consideró como variable dependiente en el procedimiento ANOVA multifactorial, la resistencia al corte paralelo a la fibra y como factores que impactan a dicha variable son: el rodal o finca donde se obtuvieron las probetas, la sección del culmo, la saturación de la probeta y la presencia o no de nudo en las mismas. Estos cuatro factores se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Factores y niveles de cada factor evaluados, que afectan la resistencia al corte paralelo a la fibra.



6.8.3 Organización de los Datos

En la Tabla 5 se muestra la organización de los datos de acuerdo a los factores que influyen, antes del procedimiento ANOVA multifactorial.

Tabla 5. Clasificación de los datos, según los factores influyentes.

SECCIÓN	SATURADA	NUDO	FINCA			
			A	B	C	D
INFERIOR	SI	SI	8,54	5,73	7,70*	8,14
			6,74	4,64	5,33	8,56
			7,31	4,95	3,70*	5,96
			7,39	5,31	6,57	6,20
	SI	NO	6,80	4,47	4,25	5,75
			7,60	5,12	3,97*	6,64
			3,82	5,13	5,99	4,70
			4,15	4,42	6,22	6,48
	NO	SI	6,78	5,44	3,91	6,98
			6,62		8,41	
					6,15	
	NO	NO	7,39	3,44	5,68	5,18
			6,03	2,27	7,14	4,43
			7,46	3,70	5,09	8,09
				3,13	7,12	4,78
			5,29	6,03	2,22	
			5,04			
			4,23			

Tabla 5. (Continuación)

SECCIÓN	SATURADA	NUDO	FINCA			
			A	B	C	D
MEDIA	SI	SI	7,46	9,78	7,20	6,30
			7,10	4,45	5,87	6,05
			6,14	5,09	4,95	7,29
			6,71	5,57	5,11	7,30
			4,53		8,89	6,58
	SI	NO	6,19	5,49	4,90	5,38
			6,69	4,95	5,61	3,30
			6,66	5,47	5,75	7,29
			3,84	4,74	4,06	5,01
			4,98		6,71	
	NO	SI	5,46	4,54	5,18	
			9,48	4,17*		
	NO	NO	4,18	6,25	5,18	5,67
			7,26	6,49	4,80	4,26
			5,75	4,53	4,92	
			7,21	3,76		
7,60						
SUPERIOR	SI	SI	5,73	11,99*	5,39	5,98
			9,67	7,72	7,55	7,20
			7,42	11,52*	8,73	4,11*
			7,40		5,45	7,70
						7,39
	SI	NO	4,64	6,79	4,51*	6,08
			6,78	4,80	5,17	5,27
			5,12	6,04	7,72	5,20
			5,61	5,44		7,79
				12,83*		5,72
	NO	SI	5,75	4,71	5,74	4,90
			6,86		5,93	5,50
			8,21		6,27	
					4,00*	
	NO	NO	1,81	8,73	5,28	5,84
			3,38	6,57	6,05	9,45
2,82*			14,54*		4,59	
			8,34		4,66	
					4,85	

*Valores atípicos.

7. CÁLCULOS Y RESULTADOS

7.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Mediante las visitas realizadas en la identificación y selección de la *Guadua* empleada, se observó que los rodales utilizados se han desarrollado naturalmente en condiciones óptimas para el desarrollo de éstos y han sido de gran aprovechamiento por el hombre para diferentes actividades. En la Tabla 6 se muestran la textura del suelo para cada uno de los rodales, resultados obtenidos en el trabajo realizado por Campos⁶², sobre la influencia que tiene las propiedades físicas del suelo en las propiedades mecánica de la *Guadua* en el municipio de Pitalito.

Tabla 6. Textura del suelo de los rodales.

RODAL	TEXTURA
A: La Dalia	Franco Arcilloso
B: La Esperanza	Franco Arcilloarenoso
C: Villa María	Arcilloso
D: Yamboró	Franco Arcilloso

7.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE CULMOS

Para la caracterización física de los culmos, a cada uno de ellos se le midió la longitud de todos los entrenudos. Igualmente, en cada sección (inferior, media y superior), se realizó la medición de los diámetros y espesores con la ayuda de un pie de rey; todos estos datos se encuentran consignados en el Anexo A.

7.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS PROBETAS

Los datos obtenidos sobre la caracterización física de las probetas (longitud, diámetro y espesor) se presentan en el Anexo A. Estos datos permiten obtener valores promedios sobre la longitud y el espesor de las probetas, para así calcular la resistencia última al corte paralelo a la fibra de la *Guadua* y el área transversal de cada probeta.

⁶² CAMPOS, María, et al. Factores edáficos asociados a las propiedades físico mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth del municipio de Pitalito. Neiva: Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. 2015, p 80.

- Área Transversal. A continuación se realiza una muestra de cálculo sobre la determinación del área transversal, el cual es el área de la sección perpendicular a la dirección de las fibras.

$$A = \frac{\pi}{4} (\phi^2 - (\phi - 2e)^2)$$

Dónde: ϕ = Valor del Diámetro promedio
 e = Valor del espesor promedio

Muestra de cálculo:

La probeta AV01I tiene un diámetro y espesor promedio de 10,70 y 2,24 cm respectivamente.

$$A = \frac{\pi}{4} (10,70^2 - (10,70 - 2(2,24))^2)$$

$$A = 59,53 \text{ cm}^2$$

En la Tabla 7 aparecen los valores promedio de la longitud, diámetro y espesor, así como del área determinada del rodal A sección inferior.

Tabla 7. Dimensiones promedio de las probetas de la sección inferior del rodal A y su respectiva área transversal

No.	Nomenclatura	H_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)	Área (cm ²)
1	AV01I (S)	10,60	10,70	2,24	59,53
2	AVn01I (S)	11,20	10,58	2,00	53,88
3	AV02I (S)	10,00	10,08	1,70	44,73
4	AVn02I (S)	11,98	10,50	1,55	43,58
5	AV03I (S)	9,08	8,55	1,33	30,07
6	AVn03I (S)	9,50	8,50	1,41	31,45
7	AV04I (S)	9,85	9,15	1,13	28,36
8	AVn04I (S)	9,50	9,18	1,20	30,07
9	AV05I (S)	12,15	12,23	1,99	63,92
10	AVn05I (S)	9,33	12,13	1,86	60,05
11	AV06I (S)	11,18	10,95	1,84	52,60
12	AV07I (NS)	12,00	12,40	2,11	68,27
13	AVn07I (NS)	12,40	11,45	1,30	41,45
14	AV08I (NS)	9,63	9,50	1,66	40,93
15	AVn08I (NS)	9,63	10,15	1,78	46,70
16	AV09I (NS)	9,45	9,30	1,25	31,61
17	AVn09I (NS)	12,15	9,73	1,21	32,43
18	AV10I (NS)	11,88	11,90	1,99	61,89
19	AVn10I (NS)	13,20	11,85	1,85	58,12

Tabla 7. (Continuación)

No.	Nomenclatura	H_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)	Área (cm ²)
20	AV11I (NS)	11,00	10,95	1,28	38,75
21	AVn11I (NS)	11,90	11,05	1,70	49,94
22	AV12I (NS)	11,63	10,23	1,78	47,12
23	AVn12I (NS)	11,80	10,75	1,54	44,50

Los valores de caracterización física de las probetas de todos los rodales se encuentran en el Anexo B Tabla 32. Igualmente, el área de las probetas de cada uno de ellos se presenta en la Tabla 33 del Anexo C

7.4 CARGA ÚLTIMA, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA, CONTENIDO DE HUMEDAD

De acuerdo a la norma NTC 5525, se determinó el esfuerzo último al corte y el contenido de humedad de cada una de las probetas ensayadas, estos valores se muestran en el Anexo C. Las ecuaciones implementadas y muestra de cálculo se muestran a continuación.

- Resistencia última al corte. Según la Norma NTC5525⁶³, la resistencia última de corte se halla así:

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\sum(t \times l)}$$

Dónde: τ_{ult} = Resistencia última al corte, en MPa
 F_{ult} = Es el valor máximo de la carga aplicada en la cual falla la probeta
 $\sum(t \times l)$ = Suma de los cuatro productos de t y l.
 t = Espesor promedio de la probeta
 l = Longitud de la probeta

Muestra de cálculo:

La probeta AVn01I soporta una carga máxima de 7800 Kg.

$$\tau_{ult} = \frac{7800}{(2,05 \times 11,2) + (2 \times 11,2) + (1,95 \times 11,2) + (2 \times 11,2)}$$

⁶³INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5525. Bogotá D.C, 2007, p. 29.

$$\tau_{ult} = 8,54 \text{ MPa}$$

- Contenido de Humedad. El contenido de humedad se determina mediante la siguiente ecuación:

$$CH = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100$$

Dónde:

P_i = Peso inicial

P_f = Peso final

Muestra de cálculo:

La muestra de la probeta AVn01I, tiene un peso inicial de 64,4 gr y un peso final después del secado es de 29,6 gr, por lo tanto su contenido de humedad se determina de la siguiente manera:

$$CH = \frac{64,4 - 29,6}{29,6} \times 100$$

$$CH = 117,57\%$$

En la Tabla 8 se presentan los valores de carga máxima, esfuerzo último al corte y contenido de humedad de las probetas de la parte inferior del culmo del rodal A.

Tabla 8. Carga máxima, esfuerzo último y contenido de humedad de la sección inferior del rodal A.

No.	Nomenclatura	Fuerza (kgf)	σ ult (Mpa)	% CH
1	AVn01I (S)	7800	8,54	117,57
2	AV03I (S)	3335	6,80	129,46
3	AVn03I (S)	3690	6,74	128,41
4	AV04I (S)	3435	7,60	74,18
5	AVn04I (S)	3400	7,31	96,55
6	AV05I (S)	3760	3,82	100,00
7	AVn05I (S)	6750	7,39	74,16
8	AV06I (S)	3475	4,15	143,04
10	AV10I (NS)	5660	6,03	75,70
11	AVn10I (NS)	6750	6,78	99,04
12	AV11I (NS)	5650	7,46	78,79
13	AVn11I (NS)	5465	6,62	149,33

Los demás valores de Carga máxima, esfuerzo último y contenido de humedad de todas las probetas están en el Anexo C, Tabla 33.

7.5 VALORES CARACTERÍSTICOS Y ESFUERZOS ADMISIBLES

Los resultados de los valores característicos y esfuerzos admisibles de todas las probetas ensayadas se encuentran consignados en el Anexo D; se utilizan los datos del rodal C para las muestras de cálculo.

- Valor Característico. De acuerdo con la NSR-10⁶⁴, se halla el valor característico de cada una de las probetas utilizadas en los ensayos, dicho resultado debe estar en MPa según lo indicado en la ecuación

$$f_{kv} = f_{0,05v} \left[1 - \frac{2,7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right]$$

Dónde: f_{kv} = Valor característico de resistencia al corte
 $f_{0,05v}$ = Valor correspondiente al percentil 5 de los datos de las pruebas de laboratorio
 s = Desviación estándar de los datos de las pruebas de laboratorio
 m = Valor promedio de los datos de las pruebas de laboratorio
 n = Número de ensayos (por lo menos 20)

El percentil 5 se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación, NSR-10⁶⁵:

$$f_{0,05v} = \bar{F}_v (1 - 1,645 COV_v)$$

Siendo: \bar{F}_v = Esfuerzo básico promedio
 COV_v = Coeficiente de variación de esfuerzos

$$COV_v = \frac{s}{m}$$

Muestra de cálculo:

Para las 43 probetas del rodal C la resistencia al corte paralelo a la fibra promedio es de 6,03 MPa y la desviación estándar de 1,17.

$$COV_v = \frac{1,17}{6,03}$$

$$COV_v = 0,194$$

⁶⁴ REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTE. Título G “Estructuras de madera y estructuras de *Guadua*, Numeral G.12.7.4. Esfuerzo admisible. Bogotá D.C, 2010.

⁶⁵ REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTE. Título G “Estructuras de madera y estructuras de *Guadua*, Apéndice G-A-1. Esfuerzo admisible y módulo de elasticidad. Bogotá D.C, 2010.

$$f_{0,05v} = 6,03(1 - 1,645(0,194))$$

$$f_{0,05v} = 4,1 \text{ MPa}$$

$$f_{kv} = 4,1 \left[1 - \frac{2,7 \frac{1,17}{6,03}}{\sqrt{43}} \right]$$

$$f_{kv} = 3,8 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo Admisible. En el cálculo del esfuerzo admisible, se utiliza el resultado del valor característico hallado anteriormente y se aplica en la ecuación de la NSR-10⁶⁶ que se muestra a continuación:

$$F_v = \frac{FC}{F_s \times FDC} f_{kv}$$

En donde: FC = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura.
 F_s = Factor de seguridad
 FDC = Factor de duración de carga

Muestra de cálculo:

De acuerdo con la NSR-10⁶⁷, el factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura para esfuerzos solicitados a corte es de 0,6; el factor de seguridad de 1,8 y el factor de duración de carga es de 1,2.

$$F_v = \frac{0,6}{1,8 \times 1,1} 3,8 \text{ MPa}$$

$$F_v = 1,2 \text{ MPa}$$

En la Tabla 9 se muestra todos los resultados de percentil, valor característico y esfuerzo admisible, así como los datos necesarios para determinar cada una de estas variables.

⁶⁶ REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTE. Título G “Estructuras de madera y estructuras de *Guadua*, Ecuación G.12.7-2 para la determinación del esfuerzo admisible.

⁶⁷ REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTE. Título G “Estructuras de madera y estructuras de *Guadua*, Tabla G.12.7-3. Esfuerzo admisible y módulo de elasticidad. Bogotá D.C, 2010.

Tabla 9. Datos estadísticos, valores característicos y esfuerzos admisibles de los datos obtenidos.

Datos estadísticos	Rodal A	Rodal B	Rodal C	Rodal D	Total
Número de datos (n)	45	40	43	41	169
Promedio (MPa)	6,36	5,31	6,03	6,04	5,95
Desviación estándar (s)	1,62	1,46	1,17	1,46	1,48
Coficiente de variación (%)	25,5	27,6	19,4	24,3	24,8
Percentil 5 (MPa)	3,7	2,9	4,1	3,6	3,5
Valor característico (MPa)	3,3	2,6	3,8	3,3	3,3
Esfuerzo admisible (MPa)	1,0	0,8	1,2	1,0	1,0

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 SITIOS DE MUESTREO

En la Tabla 10 se observan los porcentajes de arena, limo y arcilla de cada rodal, datos suministrados por Campos⁶⁸, destacando el predio A ya que cumple con una proporción relativa, un contenido de arena en relación con limo y arcilla (41,9 %, 25 %, 33,1 % respectivamente) y tiene una mayor resistencia al corte. Igualmente, el rodal B tiene un mayor contenido de arena de 46 % y presenta la menor resistencia al corte dentro de los rodales estudiados de 5,31 Mpa; en cambio los predios C y D tienen un menor contenido arenoso, 30% para ambos, y son los que presentan un mejor esfuerzo al corte, 6,04 Mpa y 60,3 Mpa respectivamente.

Tabla 10. Porcentaje de arena, limo y arcilla de los rodales y su resistencia al corte.

RODAL	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CORTE (MPa)
A: La Dalia	41,9	25	33,1	6,36
B: La Esperanza	46	27	27	5,31
C: Villa María	30	29	41	6,04
D: Yamboró	30	40	30	6,03

El rodal A con el menor porcentaje de limo, 25 % es el que tiene mayor resistencia al corte de 6,36 Mpa, seguidamente, el rodal C presenta un porcentaje de limo del 29 % y una resistencia al corte de 6,03 Mpa, estos datos son valores máximos de resistencia. Por lo tanto no se observa una relación significativa entre esta partícula y la resistencia al corte paralelo a la fibra. En relación al contenido de arcilla, los porcentajes más altos los tiene el rodal C y A, los cuales presentan también los mayores valores de resistencia, igualmente el rodal B tiene el menor esfuerzo al corte y contenido de arcilla, de 5,31 MPa y 27 % respectivamente.

Dentro del desarrollo de los análisis de resultados se muestra el análisis multifactorial de la resistencia al corte paralelo a la fibra, el cual fue analizado por factores influyentes como: rodal, sección, saturación, la presencia o no de nudo y con sus respectivos niveles de factor, de los cuales se eliminaron los datos atípicos y se determinó si pertenecen a una distribución normal. Además, se

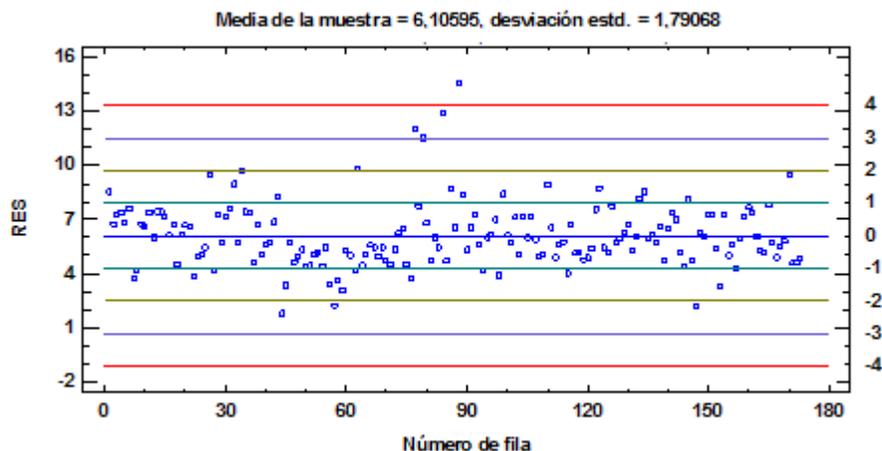
⁶⁸ CAMPOS, María, et al. Factores edáficos asociados a las propiedades físico mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth del municipio de Pitalito. Neiva: Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. 2015, p 80.

presenta el análisis descriptivo de las variables diámetro, espesor de la guadua y contenido de humedad.

8.2 EXCLUSIÓN DE DATOS ATÍPICOS

Por medio de un análisis exploratorio se encontraron 9 probetas de las 182 falladas, que por sus características geométricas y humedad diferentes a la muestra representativa fueron excluidas; dichas probetas fueron: CV03S y CVn01I que presentaron diámetros menores a la media total, DV06S y DVn04S con valores altos de espesor de pared, BVn10M y CVn12S las cuales presentan medidas de diámetro y espesor de pared elevados, por último las AV11S, CV03I y CVn03I que poseen datos de contenido de humedad atípicos.

Gráfica 1 . Gráfico de Aberrantes



Para determinar si estadísticamente los datos presentan valores atípicos se utilizó el Software STATGRAPHICS Centurión, por medio del procedimiento de Identificación de Valores Atípicos, el cual está diseñado para identificar este tipo de datos implementando gráficos y pruebas estadísticas formales. Uno de estos gráficos que posibilita las observaciones de valores atípicos es el gráfico de aberrantes (Gráfica 1), en éste se muestra cada valor de los datos, junto con líneas horizontales en la media muestral más y menos 1, 2, 3, y 4 desviaciones estándar. Los datos o puntos que estén por fuera de sigma 3 o la línea horizontal 3, se consideran que son los valores atípicos.

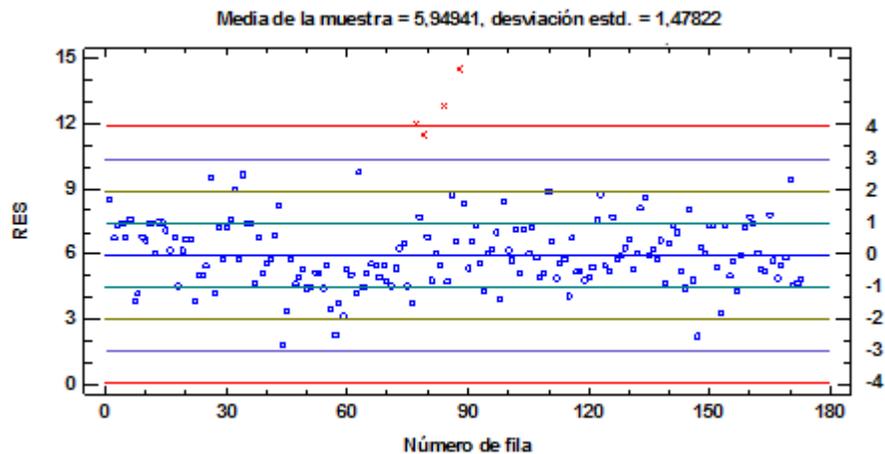
En la gráfica 1, se observan 4 valores por encima de la sigma 3 los cuales son los atípicos y se identifican como las probetas BVn01S, BVn06S, BV06S y BV14S, con resistencias de 11,99, 11,52, 12,83 y 14,54 MPa, respectivamente. En la Tabla 11 se muestran los resultados estadísticos de los valores extremos de los

datos suministrados, en la cual se presenta los valores estandarizados para identificar los valores atípicos. Los datos que se observan en rojo son los que están por encima de 3,5, el cual es el criterio de interpretación que StatAdvisor utiliza y por lo tanto son los valores atípicos, los cuales corresponden a los mismos que se presentan en el Gráfico de Aberrantes.

Tabla 11. Valores Extremos.

		Valores Estudentizados	Valores Estudentizados	Modificados
Fila	Valor	Sin Supresión	Con Supresión	Valor-Z DAM
44	1,81	-2,39907	-2,44753	-2,68437
147	2,22	-2,1701	-2,20697	-2,40504
57	2,27	-2,14218	-2,17778	-2,37097
59	3,13	-1,66192	-1,68034	-1,78504
153	3,3	-1,56698	-1,58291	-1,66922
...				
63	9,78	2,05176	2,08349	2,74569
79	11,52	3,02346	3,11664	3,93118
77	11,99	3,28594	3,40466	4,25139
84	12,83	3,75503	3,93144	4,8237
88	14,54	4,70998	5,0634	5,98874

Gráfica 2. Exclusión de Aberrantes.



Después de la identificación de los valores atípicos, se procede a excluir dichos aberrantes, seleccionando los puntos a eliminar del gráfico de Aberrantes, y se excluyen (Gráfica 2), posterior a esto los datos se recalculan sin estos.

8.3 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

En las Tablas 12, 13, 14, 15 y 16 se muestra el resumen estadístico de las variables relacionadas con la resistencia al corte paralelo a la fibra, como lo son la longitud, el diámetro, el espesor de las paredes y el contenido de humedad; para realizar el análisis descriptivo de cada uno de ellos.

Tabla 12. Análisis descriptivo de los diámetros de las probetas por secciones

Datos estadísticos	Inferior	Media	Superior	TOTAL
Número de datos (n)	61	58	50	169
Promedio (cm)	10,6	9,8	8,3	9,6
Mediana (cm)	10,7	10,0	8,8	9,9
Desviación estándar (s)	1,24	1,34	1,68	1,69
Coficiente de variación (%)	11,7	13,7	20,2	17,5
Mínimo (cm)	7,6	7,2	4,8	4,8
Máximo (cm)	12,7	12,7	11,5	12,7
Rango (cm)	5,1	5,5	6,7	7,9

En la Tabla 12 se observa que el diámetro en un culmo disminuye de acuerdo a la sección, esto se debe al proceso de crecimiento y desarrollo de la *Guadua*, ya que a medida que ésta crece se reduce su diámetro. Igualmente, los rodales C y D presentan los promedios de diámetros más altos en cada una de las secciones comparados con los demás, ya que la sección inferior tienen diámetros 11,7 y 10,64 cm respectivamente a cada rodal, la sección media 10,57 y 10,76 cm y la superior con diámetros 9,30 y 9,35 cm respectivamente. En cambio, en el rodal B se observa los valores de diámetros más pequeños para las secciones inferior, media y superior, con promedios 9.86, 8.12 y 6.08 cm respectivamente.

Tabla 13. Análisis descriptivo de la longitud de las probetas por secciones.

Datos estadísticos	Inferior	Media	Superior	TOTAL
Número de datos (n)	61	58	50	169
Promedio (cm)	11,0	10,7	9,3	10,4
Mediana (cm)	11,3	10,5	9,6	10,4
Desviación estándar (s)	1,58	1,6	2,04	1,88
Coficiente de variación (%)	14,4	15,0	22,0	18,0
Mínimo (cm)	8,2	7,7	5,2	5,2
Máximo (cm)	13,9	13,9	14,2	14,2
Rango (cm)	5,7	6,2	9,0	9,0

Para el desarrollo de los ensayos de resistencia al corte, la longitud de cada probeta es igual al diámetro de ésta, por lo tanto, la altura de cada una tiene el mismo comportamiento del diámetro de acuerdo a cada sección, como por

ejemplo, la sección inferior presenta el valor más alto de diámetro de toda la guadua, por ende, la longitud de las probetas de la parte inferior de los culmos tiende a ser los más grande, como se aprecia en la Tabla 13. Además es de recalcar que el rodal B posee los diámetros de menor valor, en consecuencia, sus longitudes tienen el mismo proceder.

Tabla 14. Análisis descriptivo de los espesores de las probetas por secciones.

Datos estadísticos	Inferior	Media	Superior	TOTAL
Número de datos (n)	61	58	50	169
Promedio (cm)	1,6	1,2	1,0	1,3
Mediana(cm)	1,6	1,2	1,0	1,2
Desviación estándar (s)	0,86	0,20	0,13	0,35
Coefficiente de variación (%)	17,2	16,5	13,9	27,2
Mínimo (cm)	0,9	0,8	0,7	0,7
Máximo (cm)	2,2	1,8	1,3	2,2
Rango (cm)	1,4	1,0	0,6	1,6

Al igual que el diámetro, el espesor de las probetas de cada sección se reduce debido al desarrollo natural de la *Guadua*; como se observa en la Tabla 14. Con relación a los rodales, el espesor presenta los valores más pequeños en el rodal B de 1,51, 1,04 y 0,83 cm en la sección inferior, media y superior respectivamente; y los rodales C y D presentan la misma tendencia que en los diámetros ya que también tienen los promedios de espesores más grandes, pues la sección inferior ostenta 1,78 y 1,69 cm de espesor, respectivamente, la sección media posee los espesores 1,17 y 1,41 cm y finalmente 0,99 y 1,07 cm para la sección superior correspondientemente a cada rodal.

Tabla 15. Análisis descriptivo de los datos de la humedad por secciones.

Datos estadísticos	Inferior	Media	Superior	TOTAL
Número de datos (n)	61	58	50	169
Promedio (%)	115,2	107,3	97,9	107,4
Mediana (%)	117,6	103,4	98,8	103,9
Desviación estándar (s)	31,5	27,1	18,6	27,4
Coefficiente de variación (%)	27,3	25,2	19,0	25,6
Mínimo (%)	21,9	60,0	50,3	21,9
Máximo (%)	220,6	197,4	166,3	220,6
Rango (%)	198,7	137,4	116,0	198,7

En la Tabla 15 se observa el contenido de humedad de cada una de las secciones, en las cuales se muestran variaciones en el porcentaje de humedad

debido a las condiciones a que estuvieron sometidas las probetas al realizar los ensayos a corte. Como era de esperarse las probetas no saturadas presentarían un porcentaje de humedad relativamente menor al de las saturadas; para esto se ensayaron transcurrido un tiempo en que se dejaron expuestas a la humedad del ambiente.

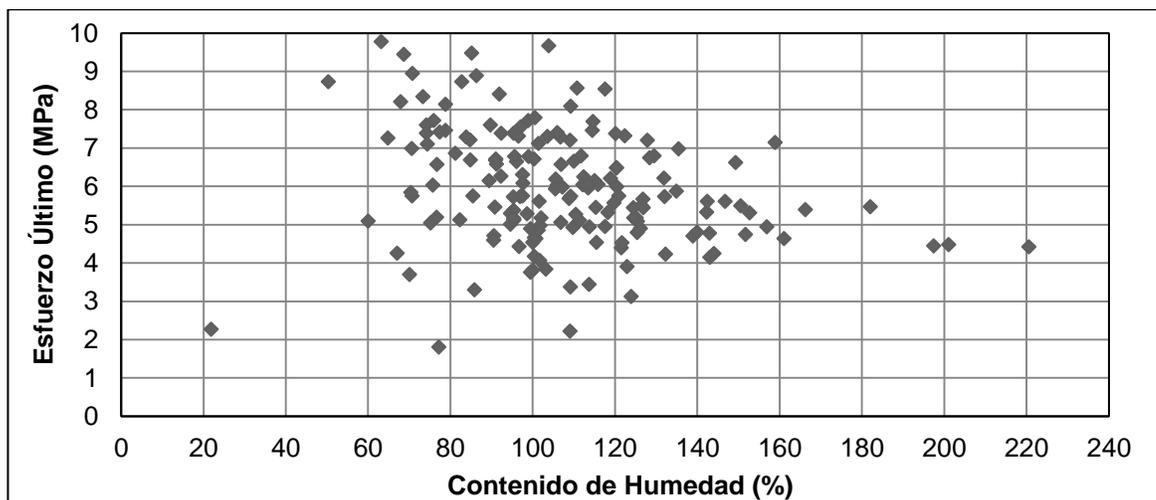
Tabla 16. Análisis descriptivo de los datos de la humedad por saturación.

Datos estadísticos	Saturada	No Saturada	TOTAL
Número de datos (n)	100	69	169
Promedio (%)	113,4	98,6	107,2
Mediana (%)	109,5	99,5	103,9
Desviación estándar (s)	28,0	24,2	27,6
Coefficiente de variación (%)	24,7	24,5	25,7
Mínimo (%)	60,0	21,9	21,9
Máximo (%)	220,6	158,9	220,5
Rango (%)	160,6	137,0	198,7

El contenido de humedad de las probetas saturadas y no saturadas se muestra en la Tabla 16, observando que no existe gran diferencia en los promedios ya que las saturadas presentaron 113,4 % de humedad y las no saturadas 98,6 %. Además las probetas saturadas presentan un rango mayor de contenido de humedad que las no saturadas y las primeras presentan el valor máximo de todas las probetas.

De acuerdo con la Gráfica 3, al observar la dispersión de puntos se deduce que para los datos del presente estudio no existe relación directa entre el esfuerzo último y el contenido de humedad.

Gráfica 3. Esfuerzo último vs Contenido de Humedad



De acuerdo con Ardila⁶⁹ y otras investigaciones no se ha evidenciado que exista una relación directa entre el contenido de humedad y la resistencia al corte paralelo a la fibra. Además Pantoja y Acuña⁷⁰, dicen que “Haciendo una relación entre la humedad y la resistencia al corte en cada una de las fuentes se observa que estos parámetros no tienen una relación constante o proporcional. El hecho de que la guadua tenga mayor o menor humedad no garantiza que haya mayores resultados en la resistencia última al corte”.

8.4 ANÁLISIS INFERENCIAL Y COMPARATIVO

Se realiza el análisis de varianza multifactorial para la resistencia al corte paralelo a la fibra y seguidamente los resultados serán analizados de forma comparativa.

8.4.1 Análisis de Varianza Multifactorial

En el análisis de varianza multifactorial determina la variabilidad de la resistencia de acuerdo a las implicaciones que dan los factores y las combinaciones que existen entre estos, los cuales se muestran en la tabla 17, en el ANOVA multifactorial se empleó la suma de cuadrados tipo III, en el cual la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores.

En la Tabla 17 se observa que en el factor nudo, su valor-P es menor que 0,05, por lo tanto tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra con un nivel de confianza de 95%, lo mismo ocurre con la interacción AB la cual corresponde a la interacción finca-sección, que tiene un valor-P de 0,0157. Según el estudio realizado por Acuña y Pantoja⁷¹ se observa una diferencia significativa entre los resultados de las probetas con nudo o sin él.

Tabla 17. Análisis de varianza para la Resistencia al corte paralelo a la fibra.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:finca	13,4421	3	4,48071	2,51	0,0613
B:sección	2,63821	2	1,3191	0,74	0,4790
C:saturación	4,27595	1	4,27595	2,40	0,1238
D:nudo	14,943	1	14,943	8,39	0,0045

⁶⁹ ACUÑA, Diego y PANTOJA, Nelson. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Proyecto de grado (Ingeniero Civil), Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Bogotá D.C.:Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005.

⁷⁰ ACUÑA, Diego y PANTOJA, Nelson. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Proyecto de grado (Ingeniero Civil), Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Bogotá D.C.:Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005.

⁷¹ ACUÑA, Diego y PANTOJA, Nelson. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Proyecto de grado (Ingeniero Civil), Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Bogotá D.C.:Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005.

Tabla 17. (Continuación)

INTERACCIONES					
AB	29,1989	6	4,86649	2,73	0,0157
AC	2,53678	3	0,845592	0,47	0,7005
AD	10,8634	3	3,62114	2,03	0,1126
BC	0,787627	2	0,393814	0,22	0,8020
BD	0,0155878	2	0,00779391	0,00	0,9956
CD	2,50559	1	2,50559	1,41	0,2379
ABC	16,2647	6	2,71078	1,52	0,1762
ABD	11,6593	6	1,94322	1,09	0,3715
ACD	1,66155	3	0,553849	0,31	0,8175
BCD	0,495378	2	0,247689	0,14	0,8703
RESIDUOS	226,268	127	1,78164		
TOTAL (CORREGIDO)	367,1	168			

8.4.2 Pruebas de múltiples rangos para resistencia al corte

En seguida se muestra cuáles medias son significativamente diferentes entre sí, determinadas a través del procedimiento de comparación múltiple y con un nivel de confianza del 95,0%; este método se denomina Diferencia Menos Significativas (LSD) ya que los límites revelan la diferencia más pequeña entre dos medias para representar una diferencia estadísticamente significativa y de igual manera hallar homogeneidad entre niveles de factor. En las Tablas 18, 19, 20 y 21 se muestra la comparación de múltiple rangos para cada una de las variables, con el fin de determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 18. Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia al Corte por finca.

Datos estadísticos	Finca				TOTAL
	A	B	C	D	
Casos	45	40	43	41	169
Media (MPa)	6,35*	5,44*	5,96	5,96	5,95
Desviación estándar (s)	1,62	1,46	1,17	1,46	1,48
Coefficiente de variación (%)	25,5	27,6	19,4	24,3	24,8
Mínimo (MPa)	1,81	2,27	3,91	2,22	1,81
Máximo (MPa)	9,67	9,78	8,89	9,45	9,78
Límite Inferior (MPa)	5,93	4,94	5,38	5,52	1,75
Límite Superior (MPa)	6,77	5,94	6,25	6,41	10,15

*Presenta diferencias significativas en el par de medias con un nivel de confianza de 95.0%.

El factor finca no está significativamente relacionado con la resistencia al corte como se especificaba en la Tabla 17, pero, como se observa en la Tabla 18 el contraste entre el rodal A y B establece que las medias son significativamente diferentes en un nivel de confianza de 95,0% ya que tienen los valores promedios

de resistencia más altos y bajos respectivamente, lo contrario ocurre con los rodales C y D, debido a que no son significativamente diferentes a los rodales A y B.

Tabla 19. Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia al Corte por Sección.

Datos estadísticos	Sección			TOTAL
	Inferior	Media	Superior	
Casos	61	58	50	169
Media (MPa)	5,88	5,77	6,14	5,95
Desviación estándar (s)	1,50	1,40	1,52	1,48
Coeficiente de variación (%)	26,0	23,9	24,4	24,8
Mínimo (MPa)	2,22	3,3	1,81	1,81
Máximo (MPa)	8,56	9,78	9,67	9,78
Límite Inferior (MPa)	5,50	5,27	5,72	1,75
Límite Superior (MPa)	6,26	6,27	6,56	10,15

En la Tabla 19 se puede apreciar que el factor sección no tiene una gran significancia estadística con la resistencia al corte paralelo a la fibra ya que sus niveles son homogéneos y los esfuerzos promedios de éstos no presentan una gran diferencia significativa al interactuar entre ellos. Lo mismo se evidenció en el proyecto de Lozano⁷², en el cual los resultados mostraron que no existía gran variación de la resistencia al corte para cada sección de la guadua, lo que revela que esta resistencia no varía con el cambio de volumen de fibras en la pared del culmo. En cambio, en el estudio realizado por Ardila⁷³ se observa que existe una diferencia entre el esfuerzo último promedio de parte media y el total de las secciones de 7,4% y del 11% en relación con el promedio de la parte inferior y superior.

El proceso de saturación se hace con el fin de obtener valores conservadores de resistencia y en este proyecto se hizo también con probetas no saturadas para determinar si esta tenía alguna incidencia en los resultados; pero en este caso, la saturación no presenta una relación constante o proporcional con la resistencia al corte. Lo que constata que la cantidad de humedad en la guadua no garantiza que mejore o se presenten mayores resultados en la resistencia. Igualmente lo expresaron Acuña y Pantoja⁷⁴, Ardila⁷⁵, este último resalta que no hay una relación directa entre la resistencia al corte paralelo a la fibra y el contenido de humedad.

⁷² LOZANO, Jorge, et al. Validación de la *Guadua angustifolia* como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. 2010, p. 190.

⁷³ ARDILA, Cesar. Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima, Colombia. Maestría en Construcción, Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes. 2013, p. 106.

⁷⁴ ACUÑA, Diego y PANTOJA, Nelson. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Proyecto de grado (Ingeniero Civil), Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Bogotá D.C:Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005.

Tabla 20. Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia al Corte por Saturación.

Datos estadísticos	Saturación		TOTAL
	Saturada	No saturada	
Casos	100	69	169
Media (MPa)	6,13	5,73	5,95
Desviación estándar (s)	1,32	1,69	1,48
Coefficiente de variación (%)	21,6	29,1	24,8
Mínimo (MPa)	3,3	1,81	1,81
Máximo (MPa)	9,78	9,48	9,78
Límite Inferior (MPa)	5,85	5,31	1,75
Límite Superior (MPa)	6,41	6,16	10,15

Aunque estadísticamente no existen diferencias significativas, las probetas falladas en estado de saturación son un poco más resistentes que las no saturadas (6,13 MPa y 5,73 MPa respectivamente) como lo muestra la Tabla 20, esto puede deberse a que al estar sumergidas en agua permite que se conserven más las probetas, por lo tanto son más resistentes.

Tabla 21. Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia al Corte por Nudo.

Datos estadísticos	Nudo		TOTAL
	Con Nudo	Sin Nudo	
Casos	71	98	169
Media (MPa)	6,30	5,57	5,95
Desviación estándar (s)	1,36	1,45	1,48
Coefficiente de variación (%)	21,0	26,1	24,8
Mínimo (MPa)	3,91	1,81	1,81
Máximo (MPa)	9,78	9,45	9,78
Límite Inferior (MPa)	5,88	5,28	1,75
Límite Superior (MPa)	6,72	5,85	10,15

El factor nudo tiene un efecto estadísticamente significativo con la resistencia al corte como se muestra en la Tabla 17, además, las probetas con nudo al momento de ser falladas tuvieron más resistencia que las que no lo tenían, igualmente, el esfuerzo último promedio de las probetas sin nudo presenta una diferencia del 11,59 % con el de las probetas con nudo y del 6,39 % con el esfuerzo último promedio total de este factor. Caso contrario ocurre en otras investigaciones,

⁷⁵ ARDILA, Cesar. Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima, Colombia. Maestría en Construcción, Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes. 2013, p. 106.

como es el caso de Acuña y Pantoja⁷⁶ en el cual resaltó que la presencia de nudo o no en un culmo tiene un leve efecto en la definición de la resistencia última del corte paralelo a la fibra y asimismo, en el proyecto de Ardila⁷⁷ se determinó una diferencia de la resistencia al corte, entre las probetas con nudo y las que no poseían nudo de un 4,2 % mayor para las probetas con nudo, sin interesar la sección del culmo.

8.4.3 Contraste de Hipótesis

Se comprueban las hipótesis de la normalidad de los datos, homocedasticidad e independencia de los residuos mediante la Tabla 22 y las Gráficas 4, 5 y 6.

- Normalidad de los residuos. En la Tabla 22 se consigna el valor de curtosis y del sesgo estandarizado, los cuales se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

Tabla 22. Resumen estadístico para residuos.

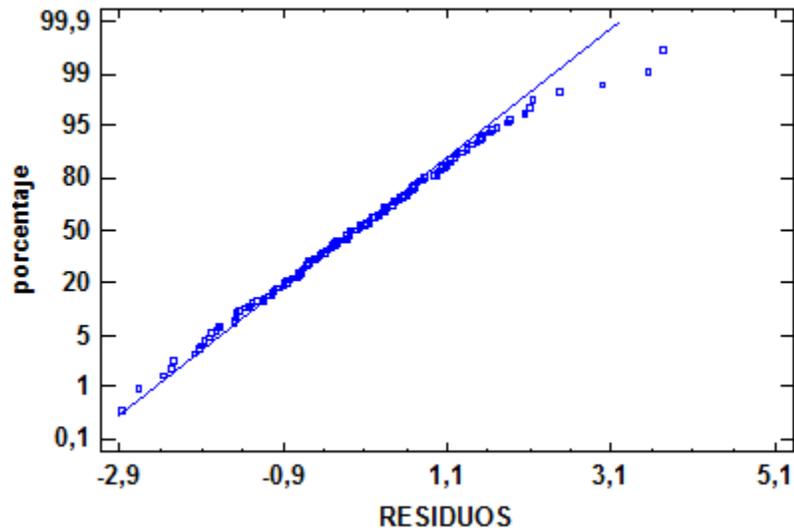
Datos estadísticos	Valor
Recuento	169
Promedio	2,60296E-7
Mediana	-0,0143407
Desviación Estándar	1,16053
Coefficiente de Variación	4,45851E8%
Mínimo	-2,88322
Máximo	3,73522
Rango	6,61844
Sesgo Estandarizado	1,34668
Curtosis Estandarizada	1,06361

Además en la Gráfica 4, se puede observar que los datos se encuentran muy cercanos de la línea de referencia normal o sobre ella, indicando de esta manera que la muestra de los dichos datos provienen de una distribución normal.

⁷⁶ ACUÑA, Diego y PANTOJA, Nelson. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Proyecto de grado (Ingeniero Civil), Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Bogotá D.C.:Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005.

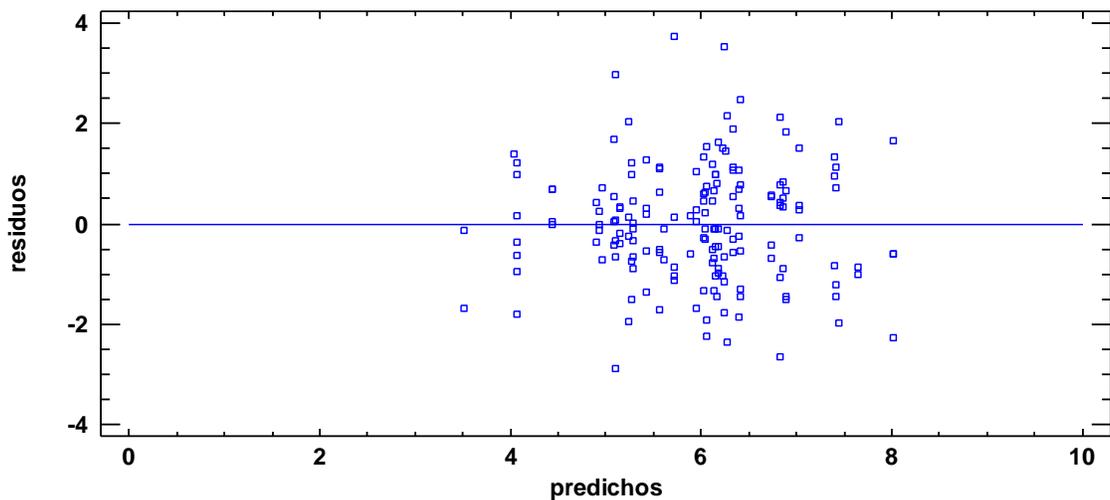
⁷⁶ ARDILA, Cesar. Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima, Colombia. Maestría en Construcción, Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes. 2013, p. 106.

Gráfica 4. Probabilidad Normal.



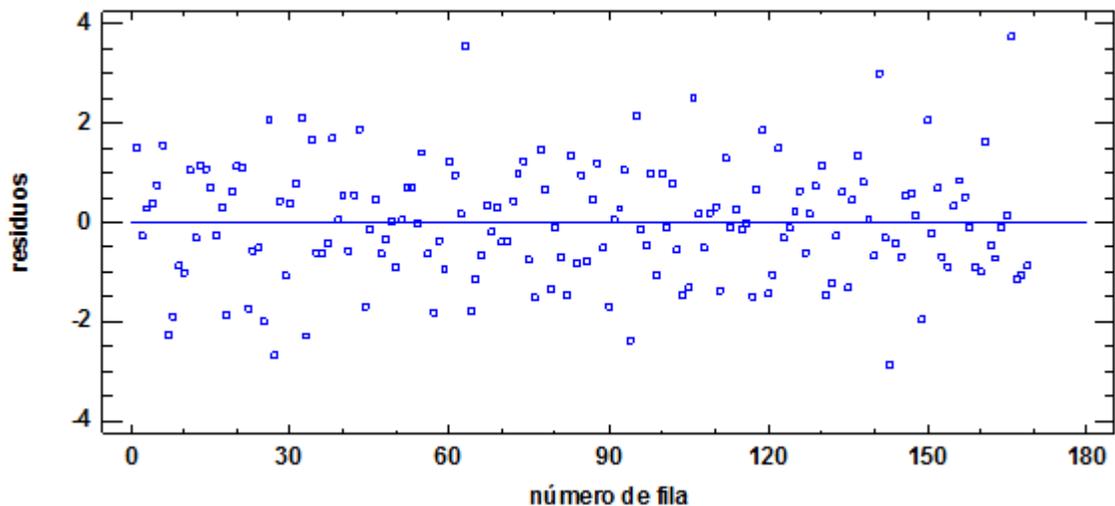
- Prueba de homocedasticidad. Como se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), y los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores, se deduce que al obtener valores-P menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre resistencia con un 95,0% de nivel de confianza, dicho factor es nudo y su respectivo valor-P es 0,0045. En la Gráfica 5 se observa que no hay heteroescadasticidad ya que los datos no presentan un patrón en forma de embudo.

Gráfica 5. Residuales vs predichos para resistencia a corte.



- Independencia de los residuos. En el Gráfico 6 se demuestra que no existe ningún patrón en los datos, gracias a la selección aleatoria inicial de las zonas, luego de los culmos, segmentos y para finalizar de las probetas.

Gráfica 6. Residuales vs número de fila para resistencia a corte.



8.5 ANÁLISIS COMPARATIVO PARA ESFUERZOS ADMISIBLES

La NSR-10⁷⁸ establece el valor de esfuerzo admisible para elementos solicitados a corte paralelo a las fibras, el cual es de 1,2 MPa para una humedad de 12 %, mientras que en el presente estudio se obtuvo un valor promedio de 1,0 MPa para el esfuerzo admisible con un contenido de humedad de 107,2 %, siendo de esta forma inferior el esfuerzo admisible hallado, pero mayor la humedad.

Como se muestra en la Tabla 23, se presentan diferencias comparativas en los datos de esfuerzo promedio último, valor característico y esfuerzo admisible a corte paralelo a la fibra para diferentes regiones de Colombia con los consignados en la NSR-10. Además se observa que el Huila, a pesar que presenta un esfuerzo admisible menor al estipulado por la norma no difiere mucho de este; en cambio los estudios realizados por Lozano⁷⁹ y Ardila⁸⁰ arrojan un valor menor al

⁷⁸ REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTE. Título G. Estructuras de madera y estructuras de *Guadua*. Bogotá D.C, 2010.

⁷⁹ LOZANO, Jorge, et al. Validación de la *Guadua angustifolia* como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. 2010, p 190.

⁸⁰ ARDILA, Cesar. Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima, Colombia. Maestría en Construcción, Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes. 2013, p 106.

estipulado. Mientras que en los resultados calculados por Acuña y Pantoja⁸¹, Lamus⁸², Gabriele y Herrera⁸³ y Rodríguez⁸⁴, muestran esfuerzos admisibles superiores a los determinados en este estudio,

Además, se observa que los estudios realizados en la misma zona pero por diferentes autores no arrojan el mismo resultado, esto se puede deber a que los culmos utilizados son extraídos de distintos lugares en los cuales las condiciones geográficas o climáticas inciden en las propiedades físicas y mecánicas de la guadua o se presentaron inconvenientes en el desarrollo de los ensayos que provocan diferencia en los resultados o dificultades en los cálculos o análisis estadístico de los datos obtenidos.

Tabla 23. Resultados del esfuerzo último, valor característico y esfuerzo admisible a corte paralelo a la fibra para diferentes regiones de Colombia.

Año	Autor	Origen	No. de Datos	Esfuerzo Promedio Último	Valor Característico	Esfuerzo Admisible
	AIS-FOREC ⁸⁵	Medellín	30	4,71		1,18
	Rodríguez ⁸⁶	Eje Cafetero		6,47		1,62
2001	Prieto y Sánchez	Cundinamarca		4,31		1,08
2004	Gabriele y Herrera	Santander	40	5,81		1,45
2005	Acuña y Pantoja	Quindío	127	7,3*	5,20	1,6**
		Cundinamarca	121	7,2*	4,90	1,5**
		Cauca	120	6,3*	3,90	1,2**
2008	Lamus	Eje Cafetero	38	7,47	4,38	1,33**
2010	NSR-10		> 20		3,96	1,2
2010	Lozano	Quindío	91	5,66	2,99	0,91**
		Cundinamarca	75	5,52	3,75	1,14**
		V/Cauca	80	6,44	4,52	1,37**
2013	Ardila	Tolima	64	4,46	2,46	0,74
2016	Campos y Rojas	Huila	169	5,95	3,3	1,0

* Se convirtió el resultado

** Se Halló el resultado

⁸¹ ACUÑA, Diego y PANTOJA, Nelson. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Proyecto de grado (Ingeniero Civil), Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Bogotá D.C.:Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005.

⁸² LAMUS B., Fabián A. Calificación de una conexión viga-columna resistente a momento en *Guadua angustifolia*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia: 2008. 242 p.

⁸³ GABRIELE, Jose y HERRERA, Hernan. Parámetros de diseño de elementos de *Guadua* cultivada en el municipio de Aratoca, Santander. Trabajo de grado (Ingeniero Civil), Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2004 p.176.

⁸⁴ RODRIGUEZ, Janer. Citado por GABRIELE, Jose y HERRERA, Hernan. Parámetros de diseño de elementos de *Guadua* cultivada en el municipio de Aratoca, Santander. Trabajo de grado (Ingeniero Civil), Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2004 p.176.

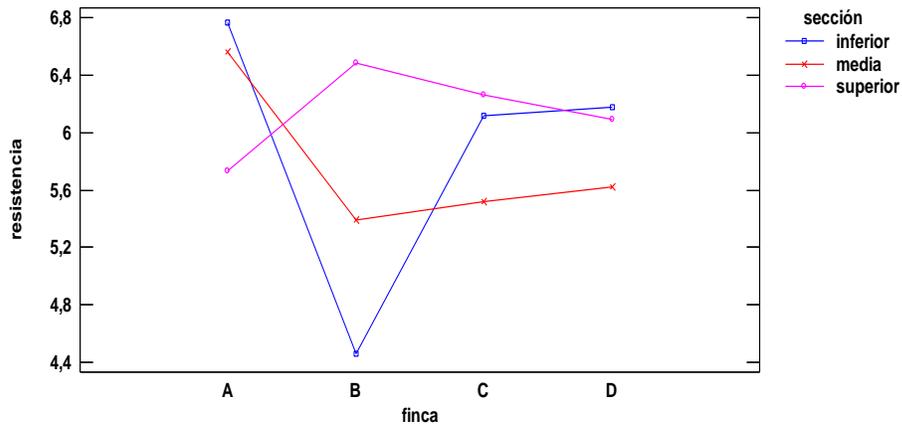
⁸⁵ Ensayos convenio AIS – FOREC. Laboratorio de recursos forestales de la Universidad Nacional, Sede Medellín.

⁸⁶ RODRIGUEZ, Janer. Citado por GABRIELE, Jose y HERRERA, Hernan. Parámetros de diseño de elementos de *Guadua* cultivada en el municipio de Aratoca, Santander. Trabajo de grado (Ingeniero Civil), Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2004 p.176.

8.6 EFECTO DE LAS INTERACCIONES

Los efectos de las combinaciones de dos factores sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra, producen cambios en la variable respuesta como se observa en los gráficos de interacciones de las Gráficas 7, 8, 9, 10, 11 y 12. Como se observa en la Tabla 16 la interacción finca-sección tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra con un nivel de confianza de 95%. Para el caso de culmos de la zona A, se observa mayor resistencia en la sección inferior y media (Gráfica 7) además, este rodal presenta los valores más altos de esfuerzo al corte en las probetas saturadas y no saturadas con relación a las demás fincas (Gráfica 8); tendencia opuesta ocurre para el caso de la finca B en el cual la sección superior presenta la resistencia más alta y los valores más bajo en las probetas saturadas y no saturadas. Con relación a los rodales C y D, las secciones inferior y superior presentan los esfuerzos al corte más alto. En cuanto a las guaduas saturadas presenta la mayor resistencia en el rodal D.

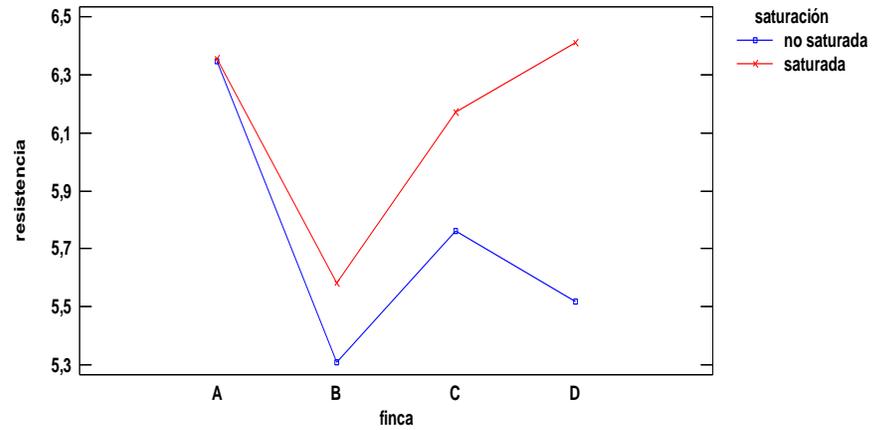
Gráfica 7. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores finca y sección.



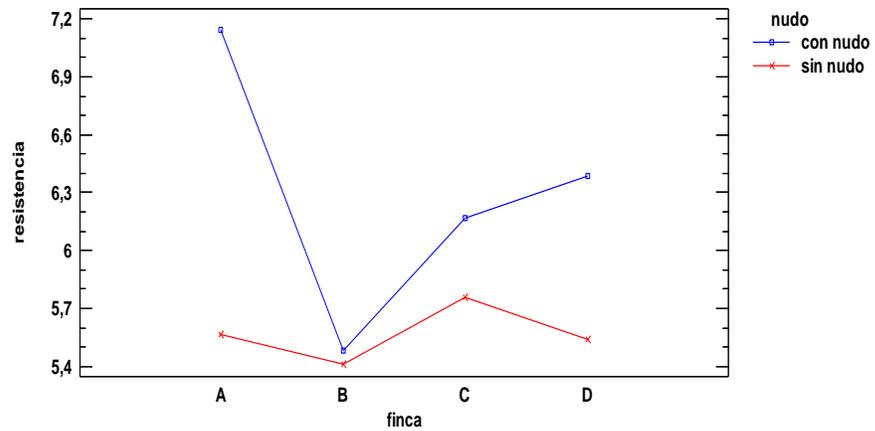
Como se observa en las Gráficas 9, 10, 11 y 12, el nudo afecta significativamente en la resistencia al corte de la guadua pues se muestra una diferencia marcada entre los esfuerzos de las probetas con presencia de nudo y las que no. En cuanto a la saturación se observa que no incide significativamente, pero las probetas saturadas tienden a ser más resistentes que las que no lo están.

En la Gráfica 9 se muestra que las probetas del rodal A presenta una diferencia marcada en relación al esfuerzo al corte de las probetas con nudo y las que no lo tienen, en comparación con los otros rodales.

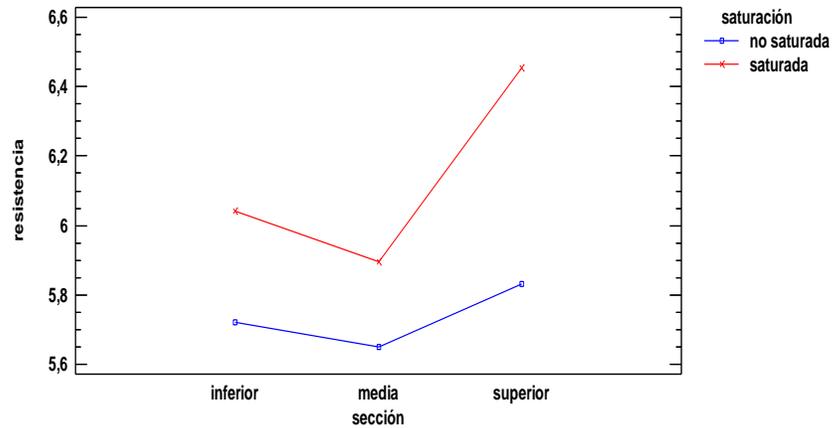
Gráfica 8. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores finca y saturación.



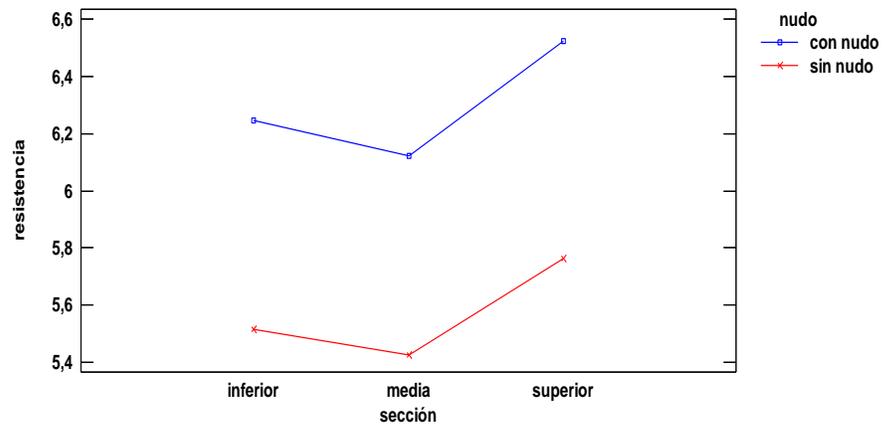
Gráfica 9. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores finca y nudo.



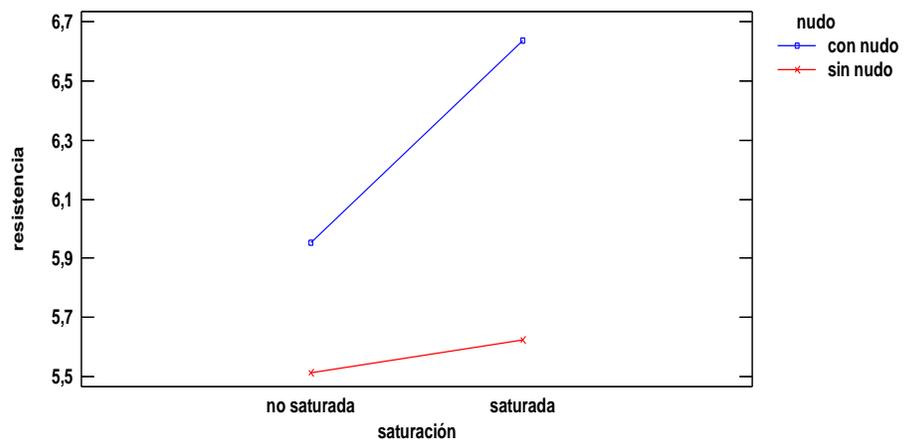
Gráfica 10. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores sección y saturación.



Gráfica 11. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores sección y nudo.



Gráfica 12. Efecto sobre la resistencia al corte paralelo a la fibra de la interacción entre los factores saturación y nudo.



9. CONCLUSIONES

La selección de los predios se hizo teniendo en cuenta los escogidos por Capera y Erazo⁸⁷, Alarcón y Olarte⁸⁸ para realizar una secuencia de los estudios realizados en estos rodales y brindar una información completa sobre las propiedades físicas y mecánicas de las guaduas de estas zonas. Además, la selección de los culmos se realizó de forma aleatoria para garantizar que los datos analizados fueran representativos.

De acuerdo al análisis físico de los sitios de muestreo se observa que la *Guadua angustifolia* se desarrolla en cualquier tipo de suelo, pero es de recalcar que los suelos franco arcillosos, son óptimos para obtener una resistencia al corte adecuado, en cambio el suelo que tiene gran porcentaje de arena presenta valores de esfuerzo al corte bajos.

Para el análisis de los datos se eliminaron datos atípicos relacionados con el diámetro, espesor, contenido de humedad y resistencia, para no afectar los resultados, determinar de forma veraz la influencia de los factores que se relacionan con la resistencia al corte paralelo a la fibra y garantizar conclusiones confiables.

El diámetro y el espesor presentan una disminución en sus dimensiones a lo largo de las secciones de los culmos, es decir, tiene una relación inversamente proporcional con la altura de la guadua. En relación al diámetro, el valor promedio de la sección inferior de los cuatro rodales es de 10 cm, para la sección media de 9,8 cm y de 8,3 cm para la superior. En cuanto al espesor, la parte inferior tiene un valor promedio de 1,6 cm, la parte media y superior presentan un espesor promedio de 1,2 y 1,0 cm respectivamente. Además, el rodal B presenta los valores de diámetros y espesores mínimos comparados con los demás rodales y el rodal C presenta el valor promedio de diámetro más elevado de 10,52 cm y el Rodal D en espesor con un promedio de 1,39 cm.

El contenido de humedad varía en cada una de las secciones; no se presenta una relación significativa de este con los resultados obtenidos de la resistencia al corte paralelo a la fibra, igualmente, en este proyecto se usó la metodología de ensayar las probetas, unas completamente saturadas y otras no saturadas, para

⁸⁷ CAPERA Andres y ERAZO, Wilson. Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito-Huila. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrícola), Neiva: Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. 2012, p.145.

⁸⁸ ALARCÓN, Jhon y OLARTE, Jairo. Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito - Huila. Proyecto de grado para la obtención del título de Ingeniero Agrícola. Neiva: Universidad Surcolombiana. 2013, p. 149.

determinar que incidencia tenía esta condición en el esfuerzo al corte de la guadua, arrojando como resultado que la humedad en la guadua no afecta en gran medida la resistencia ante esta sollicitación. En general, el contenido de humedad promedio en las cuatro fincas es de 107,2 % con una desviación estándar de 27,6MPa.

La resistencia al corte paralelo a la fibra se ve significativamente afectada por la presencia o no de nudo en las probetas, además, la interacción Rodal-Sección también incide, esto se debe a las condiciones de desarrollo de cada rodal y a las propiedades físicas del suelo que influyen, en cierta proporción, en las propiedades físicas y mecánicas de la guadua. Igualmente, el rodal A posee la resistencia promedio más alta con relación a los otros rodales, de 6,35 MPa y el rodal B con un esfuerzo promedio de 5,44 MPa, el más bajo, por lo tanto presentan unas diferencias significativas entre estos dos, determinadas por la prueba LSD de Fisher. Por otra parte, las probetas con nudo presentan una mayor resistencia al corte con respecto a las que no tienen, con una diferencia de 12,89% en el valor promedio del esfuerzo en estos niveles del factor nudo. La resistencia al corte promedio para probetas con nudo fue de 6,30 MPa y sin nudo de 5,57 MPa.

En cuanto a la variación entre niveles de factor para los factores Sección y Saturación, no tienen un efecto significativo en los resultados obtenidos de resistencia al corte paralelo a la fibra. Las probetas saturadas ensayadas obtuvieron un esfuerzo promedio de 6,13 MPa y de 5,73 MPa las no saturadas, con una diferencia entre medias de 6,52%, la cual no es significativa para la resistencia al corte.

El esfuerzo admisible a corte paralelo a la fibra obtenido para los 4 rodales es de 1,0 MPa, presentando mayor diferencia entre el rodal B y el C, ya que sus valores son de 0,8 y 1,2 MPa respectivamente; estando por debajo del establecido en la NSR-10 que es de 1,2 MPa.

10. RECOMENDACIONES

Se debe tener muy en cuenta para la selección de los sitios de muestreo y corte de culmos, se garantice la representatividad de las muestras para determinar resultados más confiables de los ensayos, además, contar con las normas establecidas y de personal capacitado para la selección, corte y transporte de la guadua.

Para los procesos de caracterización, medición y corte de las probetas, es recomendable realizarlo con equipos adecuados que permitan obtener homogeneidad en ellas, para prevenir que existan afectaciones en las probetas que impidan el óptimo desarrollo de los ensayos a realizar. Igualmente contar con una gran muestra para la realización del estudio ya que en el transcurso de éste se pueden descartar probetas y se puede garantizar resultados veraces. Asimismo, el desarrollo de las pruebas de resistencia al corte paralelo a la fibra se realiza con una máquina de compresión y platinas que permiten la falla al corte, que cumplan con las especificaciones estipuladas en la Norma NTC5525⁸⁹; pero es recomendable realizarlos en máquinas electrónicas que presenten monitores digitales, para que faciliten la obtención de resultados más precisos y que procuran la disminución en el tiempo de realización de los ensayos, ya que las pruebas realizadas en equipos de compresión manual como la VERSA TESTER, se debe calibrar constantemente y las lecturas de las fallas realizadas son de observación personal, lo que hace más dificultoso la obtención exacta de resultados.

Realizar de la mano con los ensayos de resistencia, estudio de las propiedades físicas químicas del suelo para verificar si estos factores tienen incidencia en las propiedades físico-mecánicas de la guadua.

Ejecutar procesos de mantenimiento y conservación de los guaduales para garantizar su vida útil, de igual manera realizar prácticas silviculturales como socola, eliminar maleza y entresaca para permitir el ingreso y circulación en los rodales, además de la conservación de los mismos.

Procurar la utilización de software o programas que permitan realizar el análisis estadístico más confiable y detallado de los datos obtenidos, como es la utilización del procedimiento de ANOVA multifactorial.

⁸⁹INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5525. Bogotá D.C, 2007, p. 29.

Se recomienda continuar con los estudios de caracterización físico-mecánica de la *Guadua angustifolia* Kunth del municipio de Pitalito, realizando las pruebas de compresión perpendicular a la fibra, flexión y torsión, todo esto con el propósito de completar la investigación realizada en esta región y determinar el comportamiento de este material en el diseño de estructuras y obtener un criterio más especializado sobre la *Guadua angustifolia* del departamento del Huila.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAIRA, Víctor. Bioestadística Clínica. Análisis de la Varianza. Hospital Universitario Ramón y Cajal. http://www.hrc.es/bioest/Anova_1.html [Consulta: 03 de Noviembre de 2015].

ACUÑA, Diego y PANTOJA, Nelson. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Proyecto de grado (Ingeniero Civil), Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Bogotá D.C:Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2005.

ADAMS, Cassandra. Bamboo Architecture and Construction with Oscar Hidalgo [Bambú Arquitectura y Construcción con Oscar Hidalgo], citado por González, Luis. Elementos para la Caracterización Mecánica de la *Guadua angustifolia* Kunth. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. 16 p.

AIS, A. C. NSR-10, 2010. Citado por: LUNA, Patricia, TAKEUCHI, Caori, GRANADOS, Gustavo, LAMUS, Fabian, LOZANO, Jorge. Metodología de diseño de estructuras en *Guadua angustifolia* como material estructural por el método de esfuerzos admisibles. 2011. Revista Educación en Ingeniería (11), 66-75.

ALARCÓN, Jhon y OLARTE, Jairo. Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito - Huila. Proyecto de grado para la obtención del título de Ingeniero Agrícola. Neiva: Universidad Surcolombiana. 2013, p. 149

ARBELÁEZ, Anacilia. La estructura morfológica del culmo de la *Guadua angustifolia* Kunth. Citado por Moreno, Luis. Osorio, Lina. Trujillo, Efraín. Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 125-133.

ARDILA, Cesar. Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima, Colombia. Maestría en Construcción, Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes. 2013, p. 106.

BARÓN, F y TÉLLEZ, F. Apuntes de Bioestadística. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 17-20.

BOQUÉ, Ricard y MAROTO, Alicia. El análisis de la varianza (ANOVA). 1. Comparación de múltiples poblaciones. Grupo de Quimiometría y Cualimetría. Universitat Rovira i Virgili. 6 p.

CAMACHO, Victor y PÁEZ, Humberto. Estudio de conexiones de *Guadua* solicitadas a momento flector. Trabajo de grado (Ingenieros Agrícolas), Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2002, 59 p.

CAMPOS, María, LOPEZ, Guissela y DUARTE, Mauricio. Factores edáficos asociados a las propiedades físico mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth del municipio de Pitalito. Neiva: Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. 2015, 80 p.

CAPERA Andres y ERAZO, Wilson. Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito-Huila. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrícola), Neiva: Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. 2012, 145 p.

CASTRILLÓN, BrigiTe y MALAVER, Diego. Procedimientos de ensayo para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la *Guadua*. Tesis de grado (Ingeniero Civil), Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2004. 94 p.

CELY, Luis Alfredo, HERNÁNDEZ, Wilmar y GUTIÉRREZ, Oscar. Caracterización de la *Guadua angustifolia* Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá) de acuerdo con la NSR-10. *Revista Facultad de Ingeniería, UPTC*, 2012. 21(33), p 53-71.

CIRO, Hector, OSORIO, Jairo y VÉLEZ, Juan. Determinación de la resistencia mecánica a tensión y cizalladura de la *Guadua angustifolia* Kunth. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 2005. 58(1), p 2709-2715.

CLAVIJO, S. y TRUJILLO, D. Evaluación de uniones a tracción en *Guadua*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2000.

COBOS, Jorge y LEÓN, Xavier. Propiedades físicas-mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth y aplicación al diseño de baterías sanitarias del IASA II. Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Sangolquí: Escuela Politécnica del ejército,. 2007, 113 p.

COLORADO, Alexandra. La *Guadua*, una maravilla natural de grandes bondades y promisorio futuro, 11 p.

COMISIÓN REGIONAL DE PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DEL HUILA. Plan Regional de Competitividad del Huila. Neiva, 2010, 23 p.

CÓRDOVA, Pedro. Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la caña de *Guadua angustifolia* Kunth del Ecuador. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Ingeniería. 2014, 201 p.

CORPEI-CBI. Expansión de la Oferta Exportable del Ecuador. Perfil de Producto: Bambú (Caña *Guadua angustifolia*) "Caña Brava". 2003, 33 p.

CORREAL, Juan y ARBELÁEZ, Juliana. Influence of age and height position on colombian *Guadua angustifolia* bamboo mechanical properties. *Maderas, Ciencia y Tecnología*, 2010, 12(2), p 105-113.

DÍAZ, J. y GONZÁLEZ, E. Propiedades Físicas y mecánicas de la *Guadua* (*Guadua angustifolia* Kunth). Tesis de pregrado (Ingeniero Agrícola), Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1992, 103 p.

EISENHART. 1947. Citado por Pacheco, Pedro. Unidad 3: Diseños completamente aleatorizados. Principios del análisis de varianza. Curso virtual diseño experimental para posgrados. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Estadística. http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/dis_exp/und_3/html/creditos.html [Consulta: Jueves, 05 de noviembre de 2015].

GABRIELE, Jose y HERRERA, Hernan. Parámetros de diseño de elementos de *Guadua* cultivada en el municipio de Aratocha, Santander. Trabajo de grado

(Ingeniero Civil), Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2004, 176 p.

GONZÁLEZ, Isidro. Diseño de experimentos y su aplicación en la industria. En: Ingenio y Conciencia, Enero de 2014 Vol.1, No. 1. <http://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/sahagun/n1/e1.html> [Consulta: 05 de Noviembre de 2015].

GRANADOS, Dorlé. Mejoras en el proceso de laminado, para una empresa del ramo de confitería. Tesis profesional Licenciatura en Ingeniería Industrial. Cholula, Puebla, México. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial y Textil, 2003. 110 p.

GUTIÉRREZ, S. Uniones estructurales con bambú (*Guadua angustifolia*). Tesis, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2010, p. 113.

HIDALGO, Oscar. Concreto reforzado con cables de Bambú. Bogotá D.C:Universidad Nacional de Colombia, 1978. 137 p.

HIDALGO, Oscar. Bamboo. The gift of the gods [Bambú. El regalo de los dioses], citado por Moreno, Luis. Osorio, Lina. Trujillo, Efraín. Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 125-133.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5525. Bogotá D.C, 2007, 29 p.

JAIMES, Miguel y TORRES, Gilberto. Vivienda típica prefabricada en concretoreforzado con bambú. Trabajo de grado (Ingeniero Civil), Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería, 1984. 181 p.

JARAMILLO, Diego y SANCLEMENTE, Ana. Estudio de uniones en *Guadua* con ángulo de inclinación entre elementos. Tesis de grado (Ingeniero Civil), Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil, 2003. 95 p.

LAMUS B., Fabián A. Calificación de una conexión viga-columna resistente a momento en *Guadua angustifolia*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia: 2008. 242 p.

LAMUS, Fabian, ANDRADE, Sofia y TORRES, Nancy. Rigidez de una conexión de columna-cimentación para estructuras de *Guadua angustifolia* Kunth. *Épsilon*, 2014. (22), p. 39-53.

LONDOÑO, Ximena y PRIETO, Leonardo. Introducción al estudio fitoecológico de los Guadales del valle geográfico del Rio Cauca, citado por González, Luis. Elementos para la Caracterización Mecánica de la *Guadua angustifolia* Kunth. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. 16 p.

LONDOÑO, Ximena. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo. Cátedra Maestría en Construcción - Modulo *Guadua*. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Arquitectura, Agosto 2002. 34 p.

LONDOÑO, Ximena. A decade of observations of a *Guadua angustifolia* plantations in Colombia [Una década de observaciones de unas plantaciones de *Guadua angustifolia* en Colombia], citado por Moreno, Luis. Osorio, Lina. Trujillo, Efraín. Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 125-133.

LONDOÑO, Ximena. La *Guadua* un bambú importante de América, citado por Moreno, Luis. Osorio, Lina. Trujillo, Efraín. Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. En: Colombia Ingeniería y Desarrollo, Julio-Diciembre de 2006 Vol. 20, p 125-133.

LOZANO, Jorge, LUNA, Patricia y TAKEUCHI, Caori. Validación de la *Guadua angustifolia* como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. 2010, 190 p.

LUNA, Patricia, LOZANO, Jorge y TAKEUCHI, Caori. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para *Guadua angustifolia*. *Maderas, Ciencia y Tecnología*, 2014. 16(1), p. 77-92.

MARTÍNEZ, Dixon. Puentes en Do mayor. Memorias I Congreso Mundial del Bambú/ *Guadua*, Pereira, 1992. Citado por CAMACHO, Victor y PÁEZ, Humberto. Estudio de conexiones de *Guadua* solicitadas a momento flector. Trabajo de grado (Ingenieros Agrícolas), Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2002. 59 p.

MCCLURE, F. The bamboo: A fresh perspective [El bambú: Una nueva perspectiva], citado por Uribe, Maritza y Durán, Alejandro. Estudio de elementos solicitados a compresión armados por tres *Guaduas*. Tesis de pregrado. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Civil. 2002. 125 p.

MENDOZA, Henry y BAUTISTA, Gloria. Diseño Experimental. Universidad Nacional de Colombia, 2002. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000352/> [Consulta: Jueves, 05 de noviembre de 2015]

MONTERO, Alonso. Inferencia, estimación y contraste de hipótesis. Apuntes de Estadística II. p 45-66.

MONTGOMERY, Douglas. Diseño y Análisis de Experimentos. Ed. Iberoamericana. México 1991. p 2. Citado por Granados, Dorlé. Mejoras en el proceso de laminado, para una empresa del ramo de confitería. Tesis profesional Licenciatura en Ingeniería Industrial. Cholula, Puebla, México. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial y Textil, 2003. 110 p.

MONTGOMERY, Douglas. Diseño y analisis de experimentos. Segunda Edición. Mexico. Limusa Wiley, 2004. 692 p.

PRAT, Albert. TORT-MARTORELL, Xavier. GRIMA, Pere. POZUETA, Lourdes. Control y Mejora de la Calidad. Edicions UPC, 1998. 294 p.

PRIETO, Edwin y SÁNCHEZ , Jorge. Comportamiento de la *Guadua angustifolia* sometida a Flexión. Trabajo de grado (Ingeniero Civil), Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, 2001.

QUISPE, Tania. Elementos estructurales de Bambú (*Guadua angustifolia*): Tijera y Viga. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Civil. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de Ingeniería Civil, 2010, 131 p.

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. Título G “Estructuras de madera y estructuras de *Guadua*. Bogotá D.C, 2010, 168 p.

SILVA, M y LÓPEZ, L. Comportamiento sismo-resistente de estructuras ed Bahareque. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil), Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2000, 134 p.

TICONA, Julio. ESPINOZA, Frank. ESTRELLA, Alan. SANDOVAL, Alexis. CHAMBE, Juan. Diseño Factorial Multinivel. [Diapositivas]. 2014. 29 Diapositivas, Color.

Unidad de Análisis Estadístico. El Metodo Estadístico. [Anónimo]. http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web_UAE/metodo/metodo.htm [Consulta: Jueves, 05 de noviembre de 2015].

VICÉNS, José. HERRARTE, Ainhoa. MEDINA, Eva. Análisis de la varianza (ANOVA). 2005. 14 p.

VICENTE, José. Introducción a los contrastes de hipótesis. Universidad de Salamanca. Departamento de Estadística. 43 p.

ANEXOS

ANEXO A. Caracterización física de culmos de *Guadua angustifolia*.

Tabla 24. Caracterización física de culmos del rodal A (Longitud de entrenudos en cm).

Culmos Entrenudos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
1	12,4	11,8	11	10,1	12,6	14,8	13,8	11,3	10,5	12,8	14	17,2	15,2
2	13,5	14,2	11,9	11	12,5	14,5	15,5	13,5	11	15,5	15,2	18,1	14,3
3	15,2	14,7	13	12,6	14,3	17,2	16,4	15,6	13,2	16,9	17,1	18,2	15,8
4	15,8	16,9	13,5	14,2	15,4	17,5	18,5	16,9	16,7	18,1	17,5	18,9	16,5
5	17,5	16,5	15,4	15,5	16,2	18,4	18,5	18,6	18,2	18,8	19	19	17,2
6	17,4	16,8	15	17,1	17,7	19,2	20,6	19,6	20,1	20,1	19,1	20,5	17,8
7	17,9	17,2	16,6	18,5	19,5	20,3	21,2	21,2	21,1	20,5	20,2	21	18,5
8	17,9	17,8	16,5	18,9	21	21	23,2	21,1	23,1	20,9	20,5	22,7	19,4
9	18,8	18,1	17,8	20	22,9	22	23,5	22,9	25	20,7	21	23,1	20,3
10	18,4	19,8	17,8	20	24,1	22,9	25,1	22,1	26,4	22,8	21,2	24,5	21,5
11	19,3	21,5	19,2	21,5	25,2	22,5	25	23,5	26,5	22,9	23	24,9	22,5
12	19,5	22,8	20	21,4	24,8	25	26,6	22,8	27	22,1	23,5	27	24,3
13	19,4	23,5	21,1	21,6	25,5	25,2	26,7	25,1	27,1	23,8	24,5	26,6	24,2
14	20,5	23,4	21,3	21	27,4	26,7	28,2	24	27,1	22,9	24,2	27,7	25,8
15	22,2	26,4	23,8	21,1	26,2	27	28,1	26,5	27,2	25	26,9	28,9	26,2
16	24	25,8	22,8	19,7	26,5	26,9	29,8	26,2	26,8	25,9	26,3	30,6	27,4
17	24,3	28	23,9	21,8	28,9	26,5	30,1	27,4	27,9	26,1	28,3	31,3	28,5
18	25,9	28,9	24	22,9	27	28,2	32	27,9	28,5	25,6	27,4	32	28,9
19	28,8	29,1	25	25,9	30	28,4	32,6	28,2	28,1	25	29,3	32,1	30,5
20	29,9	30,7	25,4	27,9	31,8	30,2	34	27,8	29	26,4	29	32,3	31
21	31	30	26,8	30,8	32,5	29,1	34,5	30,2	29,5	29	30,4	31,3	32,6
22	32,1	33	27,5	31,4	33,3	30,5	36	31,6	28,7	28,9	30	31,9	32,9

Tabla 24. (Continuación)

Culmos Entrenudos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
23	32,2	32,1	28,1	32,5	35,3	30,5	35,9	34,5	29	28,8	30,3	31,8	33,5
24	34,9	35	28,2	31,2	36,7	32,1	37,4	34	29	28,3	30,3	32,8	32,4
25	34,9	33,4	27,5	32,1	38	32,3	37,1	36,2	30,1	28,2	30,6	33,6	33,3
26	33,9	35,2	28,2	31	37,2	33,4	36,3	36,1	30,3	28	29,1	31,5	32,5
27	35,8	35,9	29	31,3	38,9	32,4	36,4	37,7	30,2	28,8	30,1	33,1	33
28	35	36,4	28,1	30,2	39,3	34,1	36,5	36,1	31	31,2	29,8	34,3	31,7
29	35,1	34,8	28	30,6	38,2	33,6	35,6	37	30,5	32,9	29,2	34,1	31,1
30	34,9	36,6	27,5	30,2	38,1	35,4	36,6	36,9	30,1	32,5	30	34,8	32,2
31	34,4	36,5	28,1	30,1	38	33,6	35,5	39,4	32,1	33	31	33,9	33,4
32	34	37,6	27,9	29,7	37,3	34,9	35,4	37,6	33	37,5	31,8	33,9	32,4
33	34,2	35,9	27,1	32	37,2	32	34,2	37,8	33,2	37,4	31,8	33,8	32,8
34	33	37	25,9	31,1		31,1		34,2	35	38,6	31,8	35,1	32,8
35	33,4	33,3	24,9	32		31			34,7	40	33,2		34,6
36	32,2		28	32,3					32,8	40,9	33,8		
37			28,6	33,8									
38			31,1										
39			32,5										
40			33,8										

Las líneas en negrita entre columnas indican cambios de sección (Inferior, Media y Superior).

Tabla 25. Caracterización física de culmos del rodal B (Longitud de entrenudos en cm).

Culmos Entrenudos	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15
1	7	9	9	10,2	7	9	9,6	8	9,4	11,4	10	11,2	8,4	10,4	12,4
2	9,1	10,2	8	9	8,3	10,4	9,6	6,8	9,7	12,2	10,8	12	10	11	12,5
3	8,1	10,9	9,1	10	9,3	9	10	9	9,4	12,8	9,8	12,8	10,4	10,5	12

Tabla 25. (Continuación)

Culmos Entrenudos	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15
4	9,2	11	9	10,2	11,2	9	10,8	7	10,2	13	11,2	12,5	10,8	10,9	13,4
5	9,1	11	9,3	13,1	10,9	9	11,4	8	11,8	14,2	12	12,8	10,8	11	13,4
6	11	11,9	9,6	13,2	11,9	9,6	11,6	7,4	11	13,6	15	13,4	11,5	13	14,5
7	11,3	11	11,2	14,2	12,1	11,6	11,11	8,8	11,8	14,8	14	14,1	11,8	13,4	14
8	13	10,9	12	15	14	13	11,6	9	12	14,5	17	13,8	12,3	14,3	14,8
9	11	11	13,6	16	14	13	12	12	11,8	16,5	15,5	13,8	12	15,6	14,2
10	10,1	13,1	12,1	16,2	16,2	15	13	12,6	11	15,2	17,4	13	12,4	17	15
11	9	15,2	13,6	17,9	16	13	12,5	13,8	12,2	16,5	16,5	14,6	12,2	17,8	13,2
12	9,1	16,8	13,8	18,1	18,3	13	13,3	12,4	13	18	18,4	15,9	12,8	18,8	13,5
13	7,9	18	15	19,4	18,1	11,2	14	13	14,4	17,8	18	16,4	12,6	20	12,8
14	9,3	18,1	15,6	18,3	21,9	11,6	15	12	18	20,2	19,4	16,4	15,2	20,4	12,9
15	15	18,3	16,8	17,1	21,2	9,2	15,6	14,2	20	19,8	17,8	18,2	14	22,2	13,8
16	18,4	18	16,4	18,3	23	8,6	16	15,6	22	22,4	19,4	20	13,8	23	16,6
17	20	17,8	17,2	21	23	8	15,4	19,8	21,8	21,5	17,3	21,8	10,7	24	17,2
18	22	22,1	19	24,1	25	11,6	14,4	19,4	21,8	25,5	17	22,7	9,8	24,4	20
19	23	24,2	20,8	25,1	25,2	16,4	14	21,4	22	25,8	12,2	22,6	8,4	23,5	20,6
20	22,3	25	21,2	26,2	26,4	18,8	15,2	19	23,2	28	13,3	22,1	11,4	23,5	23,1
21	22,3	24,8	22,2	27,2	26	20	15,2	19,8	24,9	27	17	20,4	16,8	22,8	22,6
22	23,2	23,5	22,2	28,2	27	22	12,8	18	26,4	29,2	21,3	18,6	18,4	22	23,6
23	25,5	24,8	23,8	28,1	26,4	22	20,8	18	27	28,8	31,5	18,6	20,4	23	23,2
24	27,1	27	23,4	29,1	27,2	20,6	23	15,5	25,2	29,5	24	19,1	23,5	22	24
25	27,1	28	23	30,2	27,2	18,8	23,8	16,5	24,8	28,8	25,6	19,1	26,3	24	23
26	27,3	28,3	23,8	32	26,2	16	26,2	16,8	25	27,5	27,8	20,5	26,8	24,6	25
27	29	31	23,8	32,1	22	16,8	28	19	24	23	28	25	27,8	26,4	23,5
28	32	31,2	23,6	33	16,1	21,1	28,4	14	27,1	23	29	27	27,8	25,4	25,2
29	31	31,2	23,8	33,9	11,7	22,4	28,8	11	28,4	23,8	27,5	28,8	27,8	23,2	24
30	26,1	32	23,4	35	12,4	23	30,4	6,8	28	25	31,4	28,5	27	25,4	25
31	24,4	33,1	24	35,2	12	23,8	30,8	5	27,8	22,2	31	29,1	27	24,8	24

Tabla 25. (Continuación)

Culmos Entrenudos	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15
32	27	34,9	24	34,9	8,2	24,1	32	7,3	27,6	23,8	30,8	30,8	25,8	28,8	25,6
33	29	35,5	24	34,9	10	24,2	34	13,8	28,8	23,5	24,4	31,2	23,8	24,3	23
34	31	35,5	24,4	34,4	10,3	25,8	34,2	15,3	30	26,6	31,8	30,5	28,4	29,6	24,2
35	33,3	35,2	24,4	34,9	14,1	25,4	35	19	28,3	27	36	37,4	30	30	23,2
36	36	33,6	23,8	34,9	16	25,8	35	20	25,2	27,5	36,2	29,2	30,2	30,8	24,8
37	37	31,4	22,8	34	16,3	27,6	35,2	21,8	18,2	25,8	36,2	32	33,4	32	24,8
38	39	30	22		17,2	29,6	35,6	23,8	14,9	24,1	39	32,6	34,8	31	27
39	39	28,2	21		16,3	29,4	35	22,8	12	20,8	39	36	35,6	30,9	27,2
40	37,2	27	21,4		14,3	31	35	26	14,4	20	42,7	37,4	37,2	31	29,8
41	35	27	23		13	33	35	29,8	22,4	20,8	43,5	48	38,8		28,8
42	33		25		17,3	35	33	32,4	24,8	16,8		39,8	40,5		30,8
43	32,1		26		17,4	36,6	33	37	28,6	17,4			41,4		30,8
44			28		16	38,2		37,8	32,4				44		30,2
45			28,2		13,1	39,3		41,2	33,2						31
46			29		15,5	34,2		42							
47					19,2			46							
48					20,2			47,4							
49					22,3			48,5							
50					21,2										
51					23										
52					23										

Las líneas en negrita entre columnas indican cambios de sección (Inferior, Media y Superior).

Tabla 26. Caracterización física de culmos del rodal C (Longitud de entrenudos en cm).

Culmos Entrenudos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
1	15,2	14	13	13,1	13,7	15,5	15,9	12,9	14,5	14	13,9	14,5	12,2	11,2	14
2	15,5	15,5	14,4	14,5	15,6	16,2	15,6	13,4	16,6	15,4	13,2	14,6	14,5	13,2	15,2
3	15	16,6	17	15,6	15,2	15,5	17	13,4	17,4	15,5	15,8	15,4	15,3	13,1	16
4	16,2	17,2	16,9	17	15,8	16,3	16,2	13,8	18,3	17,1	15,9	15,7	15,4	14,3	17,1
5	15,6	16,9	18,1	17,5	15,2	18,1	17,2	13,4	18,4	17,6	16,8	17	16,5	14,2	18,5
6	17,1	17,2	18,3	18,6	17	18,4	17	13,6	19,2	18,1	17	17,3	16,6	13,3	18,8
7	16,5	18,3	19,3	18,9	18	18,2	17,5	13,7	18,3	17,9	17,1	18,1	19,2	14,7	19,3
8	18,6	19,2	18,6	19,2	18,9	19,6	17,5	14,4	19,6	16,5	17,9	18,2	17,8	16,8	18,8
9	17,7	20,3	20,2	20	19,9	21	17,1	14,6	19,8	11,5	18,8	19,7	19	16,4	20
10	18,9	20,8	19,5	19,5	19,5	19,6	19,5	15,7	19,7	15,2	18,7	19,2	18,5	18	19,7
11	18,9	21,2	21	21	20,1	20,9	18,9	15,5	20,5	18,9	20	20,6	20,1	18,1	21,3
12	21,1	20,4	19,8	20,8	22,1	20,3	20,7	17,2	20,3	21,5	21,2	20,3	18	19,4	20,8
13	20,5	22,5	21,4	21,7	23,2	22,9	20,2	17	22	20,8	23,7	21,4	20,2	19	22,3
14	22,5	23,1	20	20,8	23,7	22,4	22,6	18	20,5	23,2	22,5	21,8	18,8	20,6	21,8
15	22	24,8	21,9	22,9	25,2	25	22,5	18,1	24,4	23,1	25,1	23,1	20	21,1	24,1
16	24	25,5	20,6	22,5	25,8	24,9	25,2	19,3	23,3	26,2	25,4	23,9	18,9	23,5	24,2
17	24,5	26,9	23,4	25	27,7	27,3	25,7	19,9	26	25,3	27,6	25,9	20,9	23,7	27
18	27,6	28,9	23	25,1	28,5	27	28,2	22	26,2	28,3	27,1	26,2	21,5	26,4	27,4
19	27,2	29,8	25,4	27,7	29,9	29	27,9	22,7	28,9	27,5	29,5	27,9	26,6	26,2	29,9
20	28,8	30,9	25	27	29,9	28,7	31,5	24,2	29,2	29,3	28,3	27,1	27,4	28,9	30,4
21	27,6	31,8	28,1	28,5	31	29,7	30,2	24,2	31,4	28,2	28,8	27,9	30,9	27,9	31,7
22	29,5	31,9	26,5	27,5	31,1	31,2	32	25,1	30,5	30,1	27,8	27	31,8	30,5	32
23	28,7	31,5	28,6	29,1	31,5	31,1	30,9	25,2	32,1	29,2	28,6	28	36,1	29	32,4
24	29,5	31,4	26,9	28	31,6	33,1	32,3	25,7	31	30,6	27,2	27,8	35,9	30,5	33,2
25	28,5	31,7	29,4	28,7	32	32,1	31,6	25,6	33,1	28,7	28,4	28,3	38,9	29,5	33,4
26	29,4	31	27,9	29,3	32	35,2	33,1	26,3	32,9	30	26,9	26,9	37,3	32	33,5
27	29	29,5	29,5	30,4	31,9	34,1	32,2	26	33,7	28,9	28,4	28,2	39,8	31,9	39,1
28	30,1	25	28	29,8	32,2	36,1	33,5	26,5	33	31	27,2	28,1	38,5	32,1	33,4

Tabla 26. (Continuación)

Culmos Entrenudos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
29	29,5	28,5	29,2	31,5	33,5	36	33	26	34,5	28,8	28,8	29,1	40	32,1	33,9
30	31	29,2	27,8	30,7	33,8	37	34,4	26,7	34	30,4	27,2	28,8	38,2		33,6
31	30,4	30,9	29,4	31,7	34	35,4	33,6	26,9	35,6	29,9	28,4	29,6	38,6		34,6
32	31,4	30,6	28	31,8	33,9	36,9	35,9	27,6	34,2	31,1	27,1	30,2	37,2		35,1
33	31,1	31,4	29,6	33	34,1	36,2	35,2	27,2	36	29,9	29,2	29,8	37,3		35,7
34	31,5	30,8	28,7	32,5	34,7	36,9	37,8	28	35	31,4	28,4	30,1	36,4		36
35	31,5	31,4	31	33,8	35,8	35,7	37,5	28,4	38,8	30	30,1	32,2	36,8		35,1
36	31,6	32,9	30,3	34				28,5		31,2	28,8	31,9			
37	31,3		32,1	34,9				28,5		30,3	30,2	31,9			
38	32,9		31,6					29			29,5				
39			33,4					28,8							
40								28,7							
41								27,2							
42								27,5							

Las líneas en negrita entre columnas indican cambios de sección (Inferior, Media y Superior).

Tabla 27. Caracterización física de culmos del rodal D (Longitud de entrenudos en cm).

Culmos Entrenudos	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
1	14,1	13,1	11,3	14	11	15,5	14,8	15,8	10,1	13,9	10	9,5	12	12,5	11,5
2	14,3	14,3	11,5	14	13	16,8	14	17,4	11,2	14,7	12	11,3	13,7	15,4	13,5
4	17	17,5	14,2	14,5	19	18,5	12,2	19,4	13,9	17,4	14,5	14,7	15,9	16,7	17,1
5	18,5	19,5	14	16	20,5	20	15,3	21	14,8	19,2	17,2	14,6	16	18	17,8
6	18	19,8	16,1	18	20,5	20,5	16,8	21,5	15	18,9	19,4	15,7	16,3	18,4	19,7
7	21	21,8	15	19,9	22,1	21	19,7	23,8	15,3	20,9	19,8	15	16,5	18,9	19
8	20,5	21,9	18,8	21	22,2	21,5	19	24	13,9	20,9	21,8	17	16,8	20,5	20,5

Tabla 27. (Continuación)

Culmos Entrenudos	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
9	22,3	23,7	20,3	22,5	21,5	20,5	21	26,8	11,8	23,3	22	17	16,5	21	20
10	22,3	22,5	21	23,5	23,2	21	21,8	26,5	11	23	23	17,8	17,9	22	21,5
11	23	23,9	22,4	23,5	22,5	21,3	23	29,4	16,4	25,3	23,5	16,9	17,5	21,8	20,5
12	23,5	23	22,6	23,9	22,5	22,8	22,5	29,5	18,9	24,5	25,5	17,1	18,8	23	22
13	24,7	23,2	24,2	24,5	22	23,7	23,8	31	20,9	25,5	25,4	15,5	18	21,5	21,5
14	24,4	21,6	25,2	26,3	23,2	25,8	23,5	32	22,7	25,5	28,8	16,2	18	24	23
15	23,4	21,2	27,4	26,5	23	26,5	24,8	34,7	22,6	26,4	30,4	15,8	16,2	23	23
16	23,2	22,1	27,1	27,7	24,8	29,5	25,2	34,5	23,7	25,4	31	12,9	15,5	23,8	24,5
17	27,5	27,5	28	28,3	28,2	30	25,5	35,5	23,4	30,7	31,9	10,2	12,3	25,4	23,7
18	27,2	33,9	30,7	28,8	27,8	31,5	25,5	36,3	26	32,5	33,4	9,5	12	26,8	24,5
19	26,5	37,9	33	29,8	28,2	31,5	27,9	40,4	29,5	38	34,5	12,5	13,5	27,8	21
20	28,2	38,2	33,8	32,4	27,5	33,5	29	40,8	32,8	39,1	35,7	13,7	20	30	19,7
21	30,1	39,4	34,8	33,5	29,6	33	29,7	41	35,9	36,3	35	14,2	18,2	30,2	16
22	30,1	39,5	36,5	33,9	28,1	34	31,4	41	39,1	36,1	36,4	17,8	21	31,7	17,3
23	30,4	41,1	36,8	34	30,7	33	32	42,5	39,7	37,5	34,3	20,1	23	31	24,2
24	32	41,4	35,2	36,5	217,9	34,5	33,3	40,5	40	38,1	35,5	25,3	26,5	32,6	29,6
25	34,2	41,3	36,5	36	32,3	34,5	33,5	40,5	39,8	34	34,5	27,2	27,8	33,4	30
26	32,2	40,2	35,2	35,5	31,6	35,5	34,5	40,9	39	34,1	36,3	30	28,8	33,2	33,2
27	34,2	39,8	37,4	36	28,6	35,5	32,5	42,3	38,7	38,3	35,5	29,1	29,5	33	33,5
28	34,6	39	37,9	37,4	34	37	32,9	42,4	37,9	39,7	36,5	28,7	32	32,5	34,2
29	34,2	41,2	38,1	36,8	34,5	35,4	32,5	43,5	37,2	41,6	35	29,1	34,5	34	33
30	35,3	40,9	37,9	36,5	34,7	35,5	33	44,5	37,5	39,4	37,5	28,9	35,5	34	37,2
31	37,7	41,3	37,5	37	34,8	37,7	37,4		38	42,1	37,5	25,1	36,5	34	39
32	37,1	40,8	37	37,7	34,4	38,5	38,2		39,2	40	38,7	25,3	39	33,5	39,6
33	38,2		35,5		35,1	38,7	38,8		38,4		38	27,8	40,5	36	40
34	36,8				36,1	38,5			40,4			28,8	40,3		42,3
35	38,2				35,9	38,5			40,3			31	39,5		42,5

Tabla 27. (Continuación)

Culmos Entrenudos	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
36					35,5	39						30,6	39,3		44,4
37												31,4	39		
38												32,2	38,8		
39												30,8	38,5		
40												32,5			
41												34,8			
42												33,5			
43												17,1			

Las líneas en negrita entre columnas indican cambios de sección (Inferior, Medio y Superior).

Tabla 28. Caracterización física de culmos de la zona A. Diámetros y espesores de cada una de las secciones en sus extremos superiores e inferiores (cm).

	Inferior				Medio				Superior			
	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
A1	11,1	10,5	3,1	1,6	10,3	9,3	1,5	2	9,3	8,2	1,2	1,3
			3,1	1,8			1	2			1,2	1,3
	11,1	11,1	3,2	1,8	11	10,5	1	2	9,4	8,3	1,2	1,3
			3,2	1,8			0,5	2			1,3	1,3
A1 _{prom}	11,1	10,8	3,15	1,75	10,65	9,9	1	2	9,35	8,25	1,225	1,3
A2	11,4	9,8	2,7	1,7	10,2	8,8	2,1	1,3	8,7	6,9	1,1	1,2
			2,7	1,6			2,2	1,3			1,1	1,2
	10,4	9,8	2,8	1,7	9,7	9	2,2	1,3	8,7	7	1,2	1,2
			2,7	1,6			2,2	1,3			1,1	1,1
A2 _{prom}	10,9	9,8	2,725	1,65	9,95	8,9	2,175	1,3	8,7	6,95	1,125	1,175

Tabla 28. (Continuación)

	Inferior				Medio				Superior			
	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
A3	9,1	8,8	2,3	1,7	8,6	7	1,3	1,2	7,1	4,1	1,5	---
			2,3	1,8			1,3	1,2			1,1	---
	9,3	8,7	2,3	1,7	9	7,1	1,3	1,1	7,1	4	1,1	---
			2,3	1,9			1,3	1,2			1,5	---
A3 _{prom}	9,2	8,75	2,3	1,775	8,8	7,05	1,3	1,175	7,1	4,05	1,3	
A4	9,1	9,2	2,5	1,6	9,4	9,2	1,6	1,7	8,6	7	1,1	1,2
			2,7	1,5			1,6	1,7			1,1	1,2
	9,8	9,3	2,6	1,6	10	9,2	1,6	1,7	8,6	7,1	1,1	1,2
			2,5	1,6			1,6	1,7			1,1	1,2
A4 _{prom}	9,45	9,25	2,575	1,575	9,7	9,2	1,6	1,7	8,6	7,05	1,1	1,2
A5	14,1	12,9	---	2,2	11,8	12,5	2,1	2,3	12,5	11,5	2,6	1,4
			---	2,2			2,3	---			2,3	1,3
	13,1	12,8	---	2,3	12,1	11,6	2,4	---	11,6	11,1	2,3	1,3
			---	2,3			2,4	---			2,3	1,4
A5 _{prom}	13,6	12,85		2,25	11,95	12,05	2,3	2,3	12,05	11,3	2,375	1,35
A6	11,3	11	3,2	2,6	10,3	9,1	2	1,7	8,6	5,6	1,2	1,4
			3,2	2			1,8	1,7			1,3	1,4
	11,3	12,3	3,1	3	10,3	9,4	2	1,7	7	5,5	1,2	1,4
			3,1	2,1			1,8	1,7			1,2	1,4
A6 _{prom}	11,3	11,65	3,15	2,425	10,3	9,25	1,9	1,7	7,8	5,55	1,225	1,4
A7	13	12,8	3,2	2,3	12	11	2,1	1,8	11,3	9,3	1,4	1,4
			2,9	2,3			2,2	1,8			1,4	1,4
	12,4	12,8	2,2	2,3	12	11,1	2,2	1,7	11	9,7	1,4	1,4
			3,6	2,3			2,1	1,6			1,5	1,4
A7 _{prom}	12,7	12,8	2,975	2,3	12	11,05	2,15	1,725	11,15	9,5	1,425	1,4
A8	9,7	10,4	3,1	2,1	10,6	8	---	1,6	8,1	8,2	1,1	1,1
			2,2	2,1			---	1,5			1,1	1
	9,6	10,1	3,2	2,1	10,5	8,6	---	1,1	8,6	8,2	1,1	1
			2	2,1			---	1,5			1,1	1,1
A8 _{prom}	9,65	10,25	2,625	2,1	10,55	8,3		1,425	8,35	8,2	1,1	1,05

Tabla 28. (Continuación)

	Inferior				Medio				Superior			
	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
A9	9,6	9,3	2	1,4	9,2	9,3	1,8	---	7,2	5,4	---	---
			1,9	1,4			1,6	---			---	---
	9,4	9,3	1,7	1,4	9,3	9,8	1,6	---	7,2	5,5	---	---
			1,3	1,4			1,6	---			---	---
A9 _{prom}	9,5	9,3	1,725	1,4	9,25	9,55	1,65		7,2	5,45		
A10	10,9	12	2,9	2,1	12,3	10,1	2,4	1,4	9,5	8,2	1	---
			2,9	2			2,1	1,5			1	---
	11	12,1	2,9	2,2	12,3	10,2	2,1	1,4	9,8	8,4	1,1	---
			2,9	1,7			2,1	1,4			1	---
A10 _{prom}	10,95	12,05	2,9	2	12,3	10,15	2,175	1,425	9,65	8,3	1,025	
A11	10,6	10,9	---	1,4	11,1	10	1,8	1,4	10,2	7,6	1,2	1,1
			---	1,5			1,8	1,1			1	1,1
	11,9	10,2	---	1,6	11,1	10,1	1,8	1,1	10,3	8	1,1	1,2
			---	1,8			1,8	1,1			---	1,2
A11 _{prom}	11,25	10,55		1,575	11,1	10,05	1,8	1,175	10,25	7,8	1,1	1,15
A12	10,7	10,5	2,7	2,5	9,9	8,5	---	1,2	9,8	6,1	1,5	1,1
			2,7	2,6			---	1,2			1,3	1,1
	10,8	9,8	2,6	2,5	10,1	8,7	---	1,2	9,9	6,2	1,5	1,1
			2,6	2,6			---	1,2			1,3	1,1
A12 _{prom}	10,75	10,15	2,65	2,55	10	8,6		1,2	9,85	6,15	1,4	1,1
A13	11,7	10,7	3,1	1,9	11,5	10,1	2,1	1,6	9	4,1	1,2	1,2
			3,1	2			2,1	1,6			1,4	1,2
	11,7	10,8	3,1	2	11,4	10,3	2,1	1,6	8	4	1,4	1,2
			3,1	2,2			2,1	1,6			1,4	1,2
A13 _{prom}	11,7	10,75	3,1	2,025	11,45	10,2	2,1	1,6	8,5	4,05	1,35	1,2

--- No se pudo tomar la medida

Tabla 29. Caracterización física de culmos de la zona B. Diámetros y espesores de cada una de las secciones en sus extremos superiores e inferiores (cm).

	Inferior				Medio				Superior			
	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
B1	8,3	8	1,2	1,2	8,2	6,1	1,2	1	5,5	3,9	0,9	1
			1,2	1,2			1,1	0,7			0,8	1
	8,2	7,7	1,2	1,2	8,1	6,5	1,1	1,4	5,5	4,1	0,8	1
			1,2	1,2			1,4	1,3			0,7	1
B1 _{prom}	8,25	7,85	1,2	1,2	8,15	6,3	1,2	1,1	5,5	4	0,8	1
B2	---	8,8	---	1,5	8,1	6,8	1,4	1	5,1	4,8	0,9	---
			---	1,6			1,4	1			0,8	---
	---	9	---	1,3	8	6,5	1,5	1	5,1	5	0,9	---
			---	1,7			1,4	1			0,8	---
B2 _{prom}	---	8,9	---	1,525	8,05	6,65	1,425	1	5,1	4,9	0,85	---
B3	10,2	9,5	2,6	2,9	8,7	5,5	1,2	1	4	4,4	1	1
			2,8	2,7			1,5	0,9			1	1
	10,4	9,2	2,9	2	8,4	5,5	1,2	1	4,5	4,2	1	1
			2,6	2,7			1,5	1			1	1
B3 _{prom}	10,3	9,35	2,725	2,575	8,55	5,5	1,35	0,975	4,25	4,3	1	1
B4	9,8	9,5	1,9	1,8	9,6	8	1,5	1,1	7,8	6	1	0,9
			2	1,6			1,5	1,1			0,9	1
	9,4	10	2,1	1,8	9,6	8,1	1,6	1,2	7,7	6,2	1,1	0,9
			1,8	2			1,4	1			1,1	0,9
B4 _{prom}	9,6	9,75	1,95	1,8	9,6	8,05	1,5	1,1	7,75	6,1	1,025	0,925
B5	8	8,1	1,4	1,1	8,1	7,8	1,3	1,2	6	4,9	1,1	0,8
			1,5	1,3			1	1,2			1,1	0,9
	7,9	8,2	1,5	1,3	8	7,6	1,1	1,1	5,8	4,8	1	0,8
			1,6	1,1			1,2	1,1			1,1	1
B5 _{prom}	7,95	8,15	1,5	1,2	8,05	7,7	1,15	1,15	5,9	4,85	1,075	0,875

Tabla 29. (Continuación)

	Inferior				Medio				Superior			
	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
B6	10,9	8,9	1,9	1,7	5	4,3	1	---	4,2	3,2	1	0,3
			1,6	1,5			1	---			1	0,8
	11,1	9	1,8	1,8	5	4,4	1	---	4,3	2,8	1	0,2
			1,8	1,7			1	---			1	0,9
B6 _{prom}	11	8,95	1,775	1,675	5	4,35	1	---	4,25	3	1	0,55
B7	10	8,9	2,1	1,4	8,6	6,6	1,5	1,4	5,2	3,7	1,1	0,9
			2,1	1,5			1,4	1,2			1,2	1,1
	9,5	8,8	1,8	1,4	8,6	6,2	1,5	1,3	5,2	3	1,1	1
			1,9	1,5			1,4	1,2			1,1	1
B7 _{prom}	9,75	8,85	1,975	1,45	8,6	6,4	1,45	1,275	5,2	3,35	1,125	1
B8	11,3	11	1,9	1,4	10,6	6	1,3	1,4	5,7	3,7	1,3	1
			2,1	1,3			1,4	1			1,2	1
	11,4	11	1,8	1,3	10,2	6,7	1,7	1,6	5,4	4,2	1,2	1
			2	1,5			1,8	1,6			1,1	0,9
B8 _{prom}	11,35	11	1,95	1,375	10,4	6,35	1,55	1,4	5,55	3,95	1,2	0,975
B9	11,5	11	1,9	1,8	10,4	8,9	1,2	1,6	8,2	6,4	1,3	1,4
			2,4	2,7			1,5	2,2			1,3	---
	11,5	11	1,9	2,1	10,6	8,7	1,8	2,6	8,1	6,7	1,5	---
			2,4	2,7			1,7	1,5			1,3	---
B9 _{prom}	11,5	11	2,15	2,325	10,5	8,8	1,55	1,975	8,15	6,55	1,35	1,4
B10	11,2	11,4	2,2	1,8	9,9	8,2	1,7	2,3	5,6	5,8	2,4	1,2
			1,9	2			2,1	2			1,7	1,3
	11,4	11,7	2,4	2,2	9,9	8	2	1,8	5,9	4,4	1,7	1,3
			2,2	2,2			1,9	1,6			1,6	1,2
B10 _{prom}	11,3	11,55	2,175	2,05	9,9	8,1	1,925	1,925	5,75	5,1	1,85	1,25
B11	8,2	8,1	1,5	1,3	8	6,4	1,3	1,1	---	---	---	---
			1,8	1,4			1,4	1,4			---	---
	8,4	8,2	1,2	1,4	8	6,3	1,3	1,1	---	---	---	---
			1	1,5			1,4	1,2			---	---
B11 _{prom}	8,3	8,15	1,375	1,4	8	6,35	1,35	1,2	---	---	---	---

Tabla 29. (Continuación)

	Inferior				Medio				Superior			
	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
B12	9,9	9,7	2,3	1,9	9,5	8,4	1,7	2,2	7,3	4,7	0,9	2,2
			2,2	1,8			1,7	1,5			1,1	1,5
	10	9,8	1,7	1,9	9,5	7,5	1,3	2	7,3	4,9	1	2
			2,2	1,8			1,7	2			1,1	2
B12 _{prom}	9,95	9,75	2,1	1,85	9,5	7,95	1,6	1,925	7,3	4,8	1,025	1,925
B13	10,4	8,5	2,5	2	8,6	7,2	1,6	1,6	6,9	5,8	1,6	1,4
			2,6	2,2			1,7	1,5			1,6	1,3
	10,2	8,7	2,6	2,3	8,7	6,8	1,8	1,5	7	6,3	1,2	1,2
			---	---			2,7	2			1,8	1,6
B13 _{prom}	10,3	8,6	2,6	2,125	8,65	7	1,725	1,55	6,95	6,05	1,4	1,275
B14	---	---	---	---	9,5	8,3	2,3	2,4	7,7	4,2	2,2	1,2
	---	---	---	---			2,4	2,3			2,2	1,2
	---	---	---	---	9,7	8,4	2,5	2,4	7,3	4	2,1	1,2
	---	---	---	---			2,3	2,3			2,1	1,2
B14 _{prom}	---	---	---	---	9,6	8,35	2,375	2,35	7,5	4,1	2,15	1,2
B15	10,5	9,7	1,6	1,5	9,4	4,2	1,2	0,9	4,2	3,2	1	0,3
			1,6	1,3			1,2	1			1	0,8
	10,5	9,6	1,7	1,5	9,2	4,3	1,2	1	4	3	1	0,2
			1,6	1,4			1,2	1			1	0,9
B15 _{prom}	10,5	9,65	1,625	1,425	9,3	4,25	1,2	0,975	4,1	3,1	1	0,55

--- No se pudo tomar la medida

Tabla 30. Caracterización física de culmos de la zona C. Diámetros y espesores de cada una de las secciones en sus extremos superiores e inferiores (cm).

	Inferior				Medio				Superior			
	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
C1	9,5	9,5	1,7	1,7	9,4	8,3	1,5	1,2	8,3	8,2	1,2	---
			1,8	1,8			1,4	1,1			1,1	---
	9,5	9,5	1,7	1,7	9,6	8,3	1,1	1,5	8,2	8	1,5	---
			1,8	1,8			1,2	1,4			1,4	---
C1 _{prom}	9,5	9,5	1,75	1,75	9,5	8,3	1,3	1,3	8,25	8,1	1,3	---
C2	12,7	11,7	1,9	2,4	12,7	10,8	1,9	1,4	10,8	8,8	1,4	1,5
			2,3	2,2			2,4	1,4			1,5	1,1
	12,5	11,7	2,8	2	12,7	10,8	2,2	1,7	10,8	8,8	1,4	1,7
			2,4	2,3			2,3	1,5			1,7	1
C2 _{prom}	12,6	11,7	2,35	2,225	12,7	10,8	2,2	1,5	10,8	8,8	1,5	1,325
C3	10,3	10,1	2,6	1,9	10,1	8,2	1,7	1,1	8,2	5,9	1,1	0,8
			2,7	1,7			1,7	1,2			1,2	0,9
	10	10,1	2,4	1,7	10,1	8	1,7	1,2	8	5,7	1,1	0,9
			2,4	1,7			1,7	1,1			1,2	0,8
C3 _{prom}	10,15	10,1	2,525	1,75	10,1	8,1	1,7	1,15	8,1	5,8	1,15	0,85
C4	10,2	11,5	1,9	2,3	11,5	11	1,9	1,5	10,5	9,4	1,1	1,2
			2,7	2,2			2	1,4			1,2	1,2
	11,3	11,6	2,5	1,9	11,6	11	1,9	1,4	10,9	9,2	1,4	1,4
			2,8	2,3			2,2	1,5			1,2	1,2
C4 _{prom}	10,75	11,55	2,475	2,175	11,55	11	2	1,45	10,7	9,3	1,225	1,25
C5	11,4	11,1	2,2	---	11	10,9	1,7	1,2	10,2	8,6	1,2	1,1
			2,2	---			1,7	1,2			1,4	1,1
	11,4	11	2,1	---	11,1	9,7	1,7	1,4	9,7	8,6	1,2	1,1
			2,2	---			1,8	1,2			1,1	1,1
C5 _{prom}	11,4	11,05	2,175	---	11,05	10,3	1,725	1,25	9,95	8,6	1,225	1,1

Tabla 30. (Continuación)

	Inferior				Medio				Superior			
	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
C6	10,5	10,7	2	1,7	10,7	9,5	1,6	1,4	9,5	8,5	1,1	1,1
			2,5	1,7			1,6	1,2			1,1	1,1
	11,8	10,7	2,5	1,6	10,7	9,5	1,7	1,2	9,5	8,5	1,1	1,1
			2,5	1,6			1,7	1,2			1,1	1,1
C6 _{prom}	11,15	10,7	2,375	1,65	10,7	9,5	1,65	1,25	9,5	8,5	1,1	1,1
C7	12,3	12	2,6	2	11,7	11,1	2	1,4	10,9	9,7	1,4	1,1
			2,4	1,9			2	1,5			1,1	0,9
	12,2	11,7	2	2,1	12	11,2	2,1	1,3	10,9	9,7	1,5	1,3
			2,2	2			1,9	1,1			1,3	1,2
C7 _{prom}	12,25	11,85	2,3	2	11,85	11,15	2	1,325	10,9	9,7	1,325	1,125
C8	10,9	---	2	---	9,5	8,5	1,3	1	8,5	---	1	---
		---	2,1	---			1,3	1			1,1	---
	10,9	---	2,1	---	9,5	8,5	1,4	1,1	8,5	---	1	---
		---	2,1	---			1,3	1			1	---
C8 _{prom}	10,9	B	2,075	B	9,5	8,5	1,325	1,025	8,5	B	1,025	B
C9	11,5	11	2,5	1,9	11	10,5	1,9	1,3	10	9,7	---	1,1
			2,5	2			2,1	1,2			---	1,1
	11,5	11	2,3	2,2	11	10,7	2	1,5	10	9,7	---	1,1
			2,3	2,1			2,2	1,1			---	1,1
C9 _{prom}	11,5	11	2,4	2,05	11	10,6	2,05	1,275	10	9,7	B	1,1
C10	11,3	11,2	2	1,7	11,2	10	1,7	1,1	10	---	1,2	---
			1,8	1,7			1,7	1			1,1	---
	11,4	11,4	2,7	1,7	11,4	10	1,7	1,2	10	---	1	---
			2,6	1,7			1,7	1,3			1,3	---
C10 _{prom}	11,35	11,3	2,275	1,7	11,3	10	1,7	1,15	10	B	1,15	B

Tabla 30. (Continuación)

	Inferior				Medio				Superior			
	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
C11	11,4	11,2	2,2	1,5	11,2	10	1,3	1,2	10	8	1	1,1
			1,9	1,6			1,9	1,3			1,1	1
	11,4	11,2	1,9	1,4	11,2	10	1,6	1,6	10	8	1,2	1,1
			2	1,3			1,5	1,6			1,2	1
C11 _{prom}	11,4	11,2	2	1,45	11,2	10	1,575	1,425	10	8	1,125	1,05
C12	11,4	11,4	1,9	1,6	11,4	9,5	1,8	1,2	9,5	8,3	---	1
			2,1	1,8			2	1,2			---	1
	11,4	11,4	2	2	11,4	9,5	1,9	1,3	9,5	8,3	---	1,3
			2	1,9			1,6	1,3			---	1,3
C12 _{prom}	11,4	11,4	2	1,825	11,4	9,5	1,825	1,25	9,5	8,3	---	1,15
C13	11,7	11,4	1,7	1,4	11,4	10,3	1,7	1,7	10,3	9,2	1,7	1,5
			2,1	1,7			1,3	1,3			1,3	1,2
	11,5	11,1	1,7	1,7	11,1	10,3	1,4	1,4	10,3	9,5	1,4	1,6
			2,3	1,7			1,3	1,3			1,3	1,2
C13 _{prom}	11,6	11,25	1,95	1,625	11,25	10,3	1,425	1,425	10,3	9,35	1,425	1,375
C14	12	11,6	3,7	1,6	11,4	10,5	1,6	1,5	10,5	8,7	1,5	1,1
			2	1,7			1,8	1,2			1,7	1
	12	11,4	3,7	1,8	10,6	10,1	1,7	1,7	10,1	8,7	1,1	1
			2	1,7			1,8	1,1			1,2	1
C14 _{prom}	12	11,5	2,85	1,7	11	10,3	1,725	1,375	10,3	8,7	1,375	1,025
C15	12	11,3	2	1,7	11,3	10,5	1,8	1,3	10,2	9,2	---	1,3
			2	1,7			1,6	1,3			---	1,3
	12	11,5	2	1,7	11,5	10,2	1,7	1,2	10,4	9,1	---	1,2
			2	1,7			1,6	1,3			---	1,1
C15 _{prom}	12	11,4	2	1,7	11,4	10,35	1,675	1,275	10,3	9,15	---	1,225

--- No se pudo tomar la medida

Tabla 31. Caracterización física de culmos de la zona D. Diámetros y espesores de cada una de las secciones en sus extremos superiores e inferiores (cm).

	Inferior				Medio				Superior			
	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\phi_{inferior}$	$\phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
D1	11,3	10,8	2,9	---	11	9,7	2	---	9,3	8,1	1,4	1,6
			2,7	---			2	---			1,3	1,5
	11,3	10,9	2,6	---	11	9,7	2	---	9,4	8,2	1,5	1,6
			3	---			2	---			2	1,4
D1 _{prom}	11,3	10,85	2,81,2	---	11	9,7	2	---	9,35	8,15	1,55	1,525
D2	10,5	10	---	1,8	10	10,4	---	---	10,1	9	1,4	---
			---	1,6			---	---			1,5	---
	10,5	9,9	---	1,8	10,2	10,4	---	---	10	9,2	1,3	---
			---	1,8			---	---			1,2	---
D2 _{prom}	10,5	9,95	---	1,75	10,1	10,4	---	---	10,05	9,1	1,35	---
D3	10	10	---	2,3	11	8,9	---	---	10,3	7,9	1,5	1,4
			---	2,3			---	---			1,5	1,5
	9,9	10	---	2,2	10,9	8,8	---	---	10,3	7,4	1,5	1,3
			---	2,2			---	---			1,6	1,2
D3 _{prom}	9,95	10	---	2,25	10,95	8,85	---	---	10,3	7,65	1,525	1,35
D4	10,1	10,2	---	1,9	9,9	9	1,5	---	9,8	9	1,4	---
			---	1,9			1,7	---			1,4	---
	9,8	10,2	---	2	9,8	9,3	1,6	---	9,6	9	1,5	---
			---	2			1,9	---			1,6	---
D4 _{prom}	10	10,2	---	1,95	9,85	9,15	1,675	---	9,7	9	1,475	---
D5	12,6	11,7	3,1	1,7	12,2	10,2	---	---	10	8,6	1,1	---
			2,3	1,9			---	---			1,4	---
	12,4	11,6	2,4	1,6	11,9	10,2	---	---	9,9	8,5	1,5	---
			2,8	2,2			---	---			1,1	---
D5 _{prom}	12,5	11,65	2,65	1,85	12,05	10,2	---	---	9,95	8,55	1,275	---

Tabla 31. (Continuación)

	Inferior				Medio				Superior			
	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
D6	12,4	11,7	---	1,8	11,8	10	---	---	9,9	8,4	1,3	---
			---	2			---	---			1,3	---
	12,4	11,4	---	1,8	11,8	10	---	---	9,8	8,4	1,4	---
			---	2			---	---			1,4	---
D6 _{prom}	12,4	11,55	---	1,9	11,8	10	---	---	9,85	8,4	1,35	---
D7	10,3	11,8	2,4	1,4	11,7	10	1,7	---	11	10,0	1,6	---
			2,5	1,7			1,6	---			1,4	---
	10	12	2,5	1,7	11,9	10,4	1,4	---	11,1	10,1	1,4	---
			2,3	1,9			1,9	---			1,6	---
D7 _{prom}	10,15	11,9	2,425	1,675	8,6	10,2	1,65	---	11,05	10,05	1,5	---
D8	9,1	9,1	1,9	1,7	9,4	9,9	---	---	9,4	8,7	1,3	---
			1,7	2,3			---	---			1,3	---
	9	9,2	1,8	2,2	9,2	9,8	---	---	9,4	8,6	1,3	---
			2	1,6			---	---			1,3	---
D8 _{prom}	9,05	9,15	1,85	1,525	9,3	9,85	---	---	9,4	8,65	1,3	---
D9	10,4	8,9	2,2	1,9	8,6	9,1	1,7	3,2	8,8	7,6	3,4	2,1
			2,7	1,9			1,6	2,8			4	2,2
	10,5	8,9	3	1,9	8,7	9,2	2,1	2,7	9,1	7,7	3,5	2
			3	1,9			1,7	3			3,7	2
D9 _{prom}	10,45	8,9	2,725	1,9	8,65	9,15	1,775	2,925	8,95	7,65	3,65	2,075
D10	9,3	9,5	2,2	2	9,2	9,5	2,7	---	9,3	8,4	1,4	1,4
			2,5	2			2,5	---			1,5	1,6
	9,5	9,6	2,6	2,4	9,2	9,7	2,6	---	9,3	8,6	1,4	1,6
			2,1	2,4			2,7	---			1,6	1,5
D10 _{prom}	9,4	9,55	2,35	2,1	9,2	9,6	2,625	---	9,3	8,5	1,475	1,525
D11	10,2	9,9	---	1,8	9,9	10,4	---	---	9,9	9	1,4	---
			---	1,8			---	---			1,5	---
	9,8	9,8	---	1,8	10	10,5	---	---	10,1	9,4	1,4	---
			---	1,8			---	---			1,5	---
D11 _{prom}	10	9,85	---	1,8	9,95	10,45	---	---	10	9,95	1,45	---

Tabla 31. (Continuación)

	Inferior				Medio				Superior			
	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$	$\Phi_{inferior}$	$\Phi_{superior}$	$e_{inferior}$	$e_{superior}$
D12	7,7	10	1,5	---	9,8	7,8	1,8	2,4	7,7	6,3	1,5	1,5
			1,3	---			1,6	1,9			1,4	1,7
	7,6	10	1,3	---	9,7	7,6	---	2	7,6	6,4	1,6	1,7
			1,4	---			---	1,5			1,4	1,7
D12 _{prom}	7,65	10	1,375	---	9,75	7,7	1,7	1,95	7,65	6,35	1,475	1,65
D13	11,1	10,5	---	1,5	10,8	9	---	---	6,9	8,4	1,3	---
			---	1,4			---	---			1,3	---
	11	10,6	---	1,6	10,8	8,9	---	---	6,9	8,3	1,3	---
			---	1,7			---	---			1,3	---
D13 _{prom}	11,05	10,55	---	1,55	10,8	8,95	---	---	6,9	8,35	1,3	---
D14	10	10,7	---	2,1	11,8	10,8	---	---	8,7	9,3	1,5	---
	---	---	---	1,8			---	---			1,7	---
	10,8	10,6	---	2	11,9	10,9	---	---	8,8	9,3	1,7	---
	---	---	---	1,9			---	---			1,9	---
D14 _{prom}	10,4	10,65	---	1,95	11,85	10,85	---	---	8,75	9,3	1,7	---
D15	11,8	11,5	2,5	2	12	10,3	---	---	8,4	7,8	1,5	---
			2,6	2			---	---			1,5	---
	11,7	11,9	2	2	12	10,5	---	---	8,1	7	1,6	---
			---	2,1			---	---			1,3	---
D15 _{prom}	11,75	11,7	2,367	2,025	12	10,4	---	---	8,25	7,4	1,475	---

--- No se pudo tomar la medida

ANEXO B. Caracterización física de probetas de *Guadua angustifolia* Kunth.

Tabla 32. Caracterización física de probetas. Longitud, diámetro y espesor en sus extremos superior e inferior (cm).

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
1	AV01I (S)	10,6	10,6	10,6	10,6	10,8	10,8	10,5	10,7	2,2	2,4	2,6	2,0	2,2	2,2	2,2	2,1	10,60	10,70	2,24
2	AVn01I (S)	11,2	11,2	11,2	11,2	10,6	10,5	10,6	10,6	1,8	2,3	2,0	2,0	2,0	1,9	2,1	1,9	11,20	10,58	2,00
3	AV01M (S)	10,9	10,9	10,9	10,9	10,0	9,9	10,1	9,9	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	1,7	1,6	1,6	10,90	9,98	1,38
4	AVn01M (S)	10,2	10,2	10,2	10,2	9,8	9,9	10,1	9,8	1,3	1,2	1,3	1,1	1,1	1,3	1,1	1,1	10,20	9,90	1,19
5	AV01S (S)	8,9	8,9	8,9	8,9	9,2	8,9	8,8	9,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	8,90	9,00	1,03
6	AVn01S (S)	9,2	9,2	9,2	9,2	8,9	9,1	8,7	8,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	9,20	8,90	1,06
7	AV02I (S)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,1	10,1	10,0	10,1	1,7	1,7	1,8	1,6	1,6	1,8	1,7	1,7	10,00	10,08	1,70
8	AVn02I (S)	11,9	12,0	12,0	12,0	10,4	10,6	10,4	10,6	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,5	1,6	1,6	11,98	10,50	1,55
9	AV02M (S)	11,0	11,0	11,0	11,0	9,4	9,5	9,6	9,5	1,2	1,3	1,2	1,4	1,2	1,2	1,3	1,2	11,00	9,50	1,25
10	AVn02M (S)	10,9	10,8	10,8	10,7	9,2	9,0	9,6	9,6	1,1	1,1	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,4	10,80	9,35	1,24
11	AV02S (S)	8,7	8,8	8,8	8,7	8,1	8,1	8,1	8,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	8,75	8,10	1,00
12	AVn02S (S)	9,6	9,6	9,6	9,6	8,1	8,1	8,3	8,4	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	9,60	8,23	1,03
13	AV03I (S)	9,0	9,2	9,1	9,0	8,6	8,6	8,5	8,5	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	1,5	1,3	9,08	8,55	1,33
14	AVn03I (S)	9,5	9,5	9,5	9,5	8,5	8,5	8,5	8,5	1,3	1,5	1,7	1,4	1,3	1,3	1,3	1,5	9,50	8,50	1,41
15	AV03M (S)	9,2	9,1	9,3	9,3	7,4	7,5	7,4	7,3	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	9,23	7,40	0,76
16	AVn03M (S)	8,4	8,4	8,4	8,4	8,2	8,0	8,4	8,4	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	8,40	8,25	0,95
17	AV03S (S)	6,7	6,7	6,8	6,7	5,3	5,4	5,5	5,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	6,73	5,45	0,71
18	AVn03S (S)	6,7	6,7	6,7	6,6	5,5	5,5	5,6	5,7	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	6,68	5,58	0,69
19	AV04I (S)	9,9	9,8	9,9	9,8	9,1	9,2	9,1	9,2	1,0	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	9,85	9,15	1,13
20	AVn04I (S)	9,5	9,5	9,5	9,5	9,2	9,3	9,1	9,1	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	9,50	9,18	1,20
21	AV04M (S)	10,7	10,7	10,6	10,6	9,4	9,3	9,4	9,3	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	10,65	9,35	1,13
22	AVn04M (S)	10,2	10,3	10,2	10,2	9,0	9,1	8,7	9,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,2	1,1	10,23	8,95	1,03
23	AV04S (S)	8,8	8,8	8,8	8,8	8,2	8,4	8,1	8,4	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	8,80	8,28	0,98
24	AVn04S (S)	8,2	8,2	8,2	8,2	8,5	8,5	8,0	7,9	1,0	1,1	1,0	1,0	0,8	0,9	1,0	1,0	8,20	8,23	0,98
25	AV05I (S)	12,2	12,2	12,0	12,2	12,1	12,2	12,4	12,2	2,2	2,1	2,0	1,9	2,0	2,0	1,9	1,8	12,15	12,23	1,99
26	AVn05I (S)	12,1	12,0	1,2	12,0	12,1	12,0	12,3	12,1	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,7	2,0	9,33	12,13	1,86

Tabla 32. (Continuación)

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
27	AV05M (S)	13,7	13,8	13,8	13,7	12,8	12,6	12,5	12,7	1,7	1,5	1,7	1,7	1,5	1,6	1,6	1,6	13,75	12,65	1,61
28	AVn05M (S)	14,1	14,2	14,1	14,2	12,7	12,8	12,7	12,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,5	1,7	1,6	1,7	14,15	12,68	1,64
29	AV05S (S)	11,2	11,2	11,1	11,2	12,1	11,8	12,0	12,1	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	11,18	12,00	1,35
30	AVn05S (S)	12,7	12,7	12,7	12,8	12,0	11,8	11,7	11,7	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	12,73	11,80	1,33
31	AV06I (S)	11,2	11,2	11,2	11,1	11,2	11,1	10,8	10,7	1,6	1,9	1,8	1,6	1,8	2,0	2,1	1,9	11,18	10,95	1,84
32	AV06M (S)	10,1	10,1	10,1	10,1	9,4	9,2	9,1	9,3	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,5	1,4	10,10	9,25	1,34
33	AVn06M (S)	10,4	10,0	10,5	10,4	9,8	9,9	9,7	9,7	1,5	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	10,33	9,78	1,36
34	AV06S (S)	8,0	7,9	8,0	8,0	6,6	6,4	6,4	6,6	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	7,98	6,50	0,85
35	AVn06S (S)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,7	6,4	6,5	6,3	0,8	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	6,00	6,48	0,85
36	AV07I (NS)	12,0	12,0	12,0	12,0	12,5	12,3	12,4	12,4	2,0	2,2	2,0	2,1	2,0	2,2	2,3	2,1	12,00	12,40	2,11
37	AVn07I (NS)	12,3	12,5	12,3	12,5	11,5	11,7	11,4	11,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	12,40	11,45	1,30
38	AV07M (NS)	13,2	13,1	13,1	13,2	11,7	11,9	11,9	11,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,3	1,5	13,15	11,75	1,40
39	AVn07M (NS)	12,3	12,3	12,3	12,3	11,4	11,6	11,6	11,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,2	12,30	11,48	1,30
40	AV07S (NS)	12,1	12,1	12,1	12,1	11,0	10,7	10,8	10,7	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	12,10	10,80	1,16
41	AVn07S (NS)	10,9	10,9	11,0	11,0	10,8	10,7	10,4	10,8	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	10,95	10,68	1,16
42	AV08I (NS)	9,7	9,6	9,6	9,6	9,5	9,5	9,5	9,5	1,5	1,7	1,9	1,5	1,7	1,5	1,7	1,8	9,63	9,50	1,66
43	AVn08I (NS)	9,6	9,7	9,6	9,6	10,3	10,1	10,1	10,1	1,6	1,8	1,7	1,8	1,9	1,8	1,9	1,7	9,63	10,15	1,78
44	AV08M (NS)	9,7	9,8	9,7	9,7	10,4	10,4	10,4	10,5	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	9,73	10,43	1,25
45	AVn08M (NS)	10,7	10,7	10,7	10,7	10,3	10,2	9,8	9,9	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	10,70	10,05	1,14
46	AV08S (NS)	9,9	9,9	9,9	9,9	9,1	9,0	8,9	8,8	1,2	1,4	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	9,90	8,95	1,14
47	AVn08S (NS)	10,3	10,3	10,3	10,3	9,7	9,6	9,8	9,8	1,7	1,5	1,5	1,5	1,7	1,4	1,5	1,5	10,30	9,73	1,54
48	AV09I (NS)	9,5	9,4	9,4	9,5	9,3	9,3	9,2	9,4	1,4	1,1	1,1	1,4	1,0	1,5	1,4	1,1	9,45	9,30	1,25
49	AVn09I (NS)	12,2	12,1	12,1	12,2	9,8	9,6	9,9	9,6	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,2	1,3	12,15	9,73	1,21
50	AV09M (NS)	10,0	10,1	10,1	10,0	8,7	8,9	8,8	8,9	1,3	1,1	1,2	1,2	1,0	1,1	1,0	1,1	10,05	8,83	1,13
51	AVn09M (NS)	10,3	10,3	10,3	10,4	8,7	8,8	8,7	8,9	1,5	1,6	1,7	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5	10,33	8,78	1,54
52	AV09S (NS)	7,4	7,3	7,4	7,3	6,2	6,4	6,3	6,4	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	7,35	6,33	0,84
53	AVn09S (NS)	8,4	8,2	8,4	8,4	6,7	6,7	7,2	7,1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9	8,35	6,93	0,89
54	AV10I (NS)	11,8	11,8	12,0	11,9	11,9	11,8	11,9	12,0	1,8	2,0	1,7	2,1	2,3	1,9	1,9	2,2	11,88	11,90	1,99
55	AVn10I (NS)	13,2	13,2	13,2	13,2	11,9	12,0	11,7	11,8	1,9	1,7	2,1	1,7	1,8	1,9	1,7	2,0	13,20	11,85	1,85
56	AV10M (NS)	10,1	10,0	10,1	10,1	10,0	10,3	10,1	10,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	10,08	10,13	1,05

Tabla 32. (Continuación)

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
57	AVn10M (NS)	11,1	11,0	11,1	11,0	10,2	10,5	10,5	10,4	1,5	1,4	1,3	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	11,05	10,40	1,43
58	AV10S (NS)	10,1	10,1	10,1	10,1	9,2	8,9	8,9	8,8	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	10,10	8,95	1,04
59	AVn10S (NS)	8,3	8,3	8,3	8,3	9,3	9,3	8,9	9,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	8,30	9,13	0,99
60	AV11I (NS)	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	10,8	2,0	1,6	1,5	1,8	1,6	1,7	*	*	11,00	10,95	1,70
61	AVn11I (NS)	11,8	11,8	12	12	10,9	11,2	11,1	11	1,7	1,9	1,7	1,5	1,5	1,6	1,8	1,9	11,90	11,05	1,70
62	AV11M (NS)	10,9	10,9	10,9	10,9	10,1	10,0	10,1	10,2	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	10,90	10,10	1,04
63	AVn11M (NS)	12,3	12,3	12,3	12,3	10,4	10,1	10,1	10,4	1,2	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,1	1,0	12,30	10,25	1,09
64	AV11S (NS)	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,5	9,5	9,6	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	9,70	9,58	1,03
65	AVn11S (NS)	10,6	10,6	10,6	10,6	9,6	9,5	9,5	9,5	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	10,60	9,53	1,01
66	AV12I (NS)	11,6	11,7	11,6	11,6	10,2	10,2	10,4	10,1	1,9	1,6	2,0	1,7	1,6	1,7	2,0	1,7	11,63	10,23	1,78
67	AVn12I (NS)	11,8	11,8	11,8	11,8	10,8	10,7	10,7	10,8	1,8	1,3	1,4	1,7	1,3	1,7	1,5	1,6	11,80	10,75	1,54
68	AV12M (NS)	9,8	9,8	9,8	9,8	9,4	9,5	9,1	9,3	1,4	1,1	1,3	1,2	1,1	1,3	1,2	1,2	9,80	9,33	1,23
69	AVn12M (NS)	11,0	11,0	11,0	11,0	10,0	10,1	10,5	10,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	11,00	10,25	1,09
70	AVn12M (NS)	10,7	10,7	10,7	10,7	9,7	9,8	9,5	9,7	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	10,70	9,68	1,20
71	AVn12M (NS)	8,6	8,6	8,6	8,6	9,0	8,9	9,1	9,2	1,2	1,2	1,3	1,1	1,3	1,1	1,3	1,1	8,60	9,05	1,20
72	AV12S (NS)	7,3	7,4	7,4	7,4	6,9	7,2	6,8	7,0	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	7,38	6,98	0,91
73	AVn12S (NS)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,1	6,3	7,4	7,2	1,0	0,8	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	7,90	7,00	0,95
74	AV13M (NS)	10,2	10,2	10,2	10,2	10,1	10,4	10,0	10,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	10,20	10,20	1,18
75	AVn13M (NS)	11,0	11,0	11,0	11,0	10,1	10,2	10,4	10,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	11,00	10,25	1,23
76	AV13S (NS)	10,6	10,6	10,6	10,6	9,2	9,4	9,5	9,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	10,60	9,43	1,10
77	AVn13S (NS)	9,9	9,9	9,8	9,8	8,3	8,2	8,7	8,8	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	9,85	8,50	1,01
78	BV01M (S)	9,1	9,1	9,1	9,1	7,2	7,1	7,2	7,3	0,9	1,0	1,0	1,0	1,2	1,1	1,0	1,1	9,10	7,20	1,04
79	BVn01M (S)	8,6	8,7	8,6	8,6	8,4	8,3	8,5	8,5	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	0,9	1,1	8,63	8,43	0,96
80	BV01S (S)	5,7	5,7	5,9	5,8	5,5	5,5	5,5	5,5	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	5,78	5,50	0,81
81	BVn01S (S)	5,7	5,7	5,7	5,7	4,8	4,8	5,0	5,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	5,70	4,93	0,83
82	BV02I (S)	10,0	10,0	10,0	10,0	8,8	8,8	8,7	8,7	1,3	1,6	1,5	1,6	1,3	1,6	1,6	1,3	10,00	8,75	1,48
83	BVn02I (S)	9,5	9,6	9,5	9,5	9,0	9,1	8,9	8,8	1,4	1,3	1,5	1,2	1,3	1,5	1,3	1,5	9,53	8,95	1,38
84	BV02M (S)	8,1	8,2	8,2	8,0	7,2	7,2	7,3	7,5	0,9	1,0	0,9	1,0	0,7	0,9	0,9	0,8	8,13	7,30	0,89
85	BVn02M (S)	7,8	7,9	7,8	8,0	7,6	7,8	7,4	7,5	0,9	1,1	1,1	0,9	0,9	1,1	1,1	1,0	7,88	7,58	1,01
86	BV02S (S)	6,9	6,9	6,9	6,9	6,3	6,5	6,4	6,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	6,90	6,35	0,80

Tabla 32. (Continuación)

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
87	BVn02S (S)	8,1	8,1	8,1	8,1	7,0	7,0	6,5	6,9	0,9	1,1	0,9	1,1	0,9	1,0	1,1	1,0	8,10	6,85	1,00
88	BV03I (S)	9,4	9,3	9,3	9,3	9,0	8,9	8,9	9,0	1,5	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	1,4	1,6	9,33	8,95	1,48
89	BVn03I (S)	9,4	9,3	9,3	9,3	9,0	8,9	8,9	9,0	1,5	1,2	1,3	1,5	1,4	1,8	1,4	1,6	9,33	8,95	1,46
90	BV03M (S)	9,5	9,5	9,5	9,5	7,8	7,8	7,9	8,0	1,0	1,0	0,9	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	9,50	7,88	0,98
91	BVn03M (S)	7,6	7,7	7,8	7,7	8,0	8,0	7,6	7,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	0,9	1,0	1,0	7,70	7,85	0,99
92	BV04I (S)	10,2	10,2	10,2	10,2	9,8	9,8	10,2	10,5	1,5	1,5	1,2	1,4	1,4	1,5	1,6	1,4	10,20	10,08	1,44
93	BVn04I (S)	8,7	8,7	8,6	8,8	10,0	9,9	9,8	9,9	1,6	1,5	1,6	1,4	1,6	1,7	1,5	1,7	8,70	9,90	1,58
94	BV04M (S)	9,5	9,5	9,4	9,4	8,5	8,5	8,4	8,5	1,1	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	0,9	1,0	9,45	8,48	1,01
95	BVn04M (S)	10,3	10,3	10,4	10,4	8,1	8,5	8,6	8,5	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	10,35	8,43	1,00
96	BV04S (S)	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	7,1	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	7,10	7,03	0,88
97	BVn04S (S)	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,0	7,3	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	7,40	7,28	0,98
98	BV05I (S)	8,2	8,3	8,2	8,2	8,0	8,1	8,0	7,8	1,0	1,1	1,2	1,1	1,3	1,2	1,2	1,2	8,23	7,98	1,16
99	BVn05I (S)	8,6	8,5	8,5	8,6	7,5	7,6	7,6	7,6	1,2	1,2	1,3	1,3	1,1	1,2	1,4	1,2	8,55	7,58	1,24
100	BV05M (S)	8,2	8,2	8,2	8,2	8,0	8,1	8,2	7,9	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	8,20	8,05	1,00
101	BVn05M (S)	8,8	8,9	8,8	8,9	8,6	8,6	8,0	8,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	8,85	8,30	1,11
102	BV05S (S)	8,6	8,6	8,6	8,6	8,0	8,0	8,1	8,2	1,1	1,1	1,2	*	1,0	1,0	1,1	1,0	8,60	8,08	1,07
103	BVn05S (S)	9,5	9,5	9,5	9,6	8,1	8,0	8,1	8,2	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,2	1,0	1,0	9,53	8,10	1,05
104	BV06I (S)	8,3	8,3	8,3	8,4	9,3	9,5	9,6	9,7	1,4	*	*	*	1,3	1,4	1,3	1,5	8,33	9,53	1,38
105	BVn06I (S)	1,6	10,6	10,6	10,6	10,0	9,6	9,7	9,5	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,4	1,2	1,4	8,35	9,70	1,28
106	BV06M (S)	8,0	8,0	8,0	8,0	7,8	7,7	7,7	7,7	1,0	1,1	1,2	1,1	0,9	1,1	1,0	1,0	8,00	7,73	1,05
107	BVn06M (S)	7,9	7,9	7,8	7,9	7,4	7,5	7,8	7,7	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,1	0,8	1,0	7,88	7,60	0,96
108	BV06S (S)	3,6	3,5	3,5	3,6	3,3	3,4	3,2	3,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,5	0,6	3,55	3,33	0,63
109	BVn06S (S)	4,1	4,2	4,2	4,2	3,6	3,7	3,6	3,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7	0,8	4,18	3,68	0,69
110	BV07I (NS)	9,4	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3	9,3	9,3	1,2	1,6	1,3	1,3	1,4	1,2	1,3	1,3	9,40	9,30	1,33
111	BVn07I (NS)	10,3	10,3	10,3	10,3	9,6	9,3	9,9	9,7	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,5	1,5	1,4	10,30	9,63	1,39
112	BV07M (NS)	8,4	8,4	8,4	8,4	8,0	8,0	8,0	8,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	8,40	8,00	1,03
113	BVn07M (NS)	8,6	8,7	8,5	8,6	7,8	7,9	7,9	7,9	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	8,60	7,88	1,11
114	BV07S (NS)	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,2	5,4	5,3	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	5,40	5,33	0,78
115	BVn07S (NS)	6,8	6,8	6,8	6,8	6,4	6,4	6,2	6,2	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	6,80	6,30	0,86
116	BV08I (NS)	12,5	12,4	12,4	12,5	11,0	10,8	11,0	10,7	1,6	1,5	1,4	1,5	*	1,6	1,5	*	12,45	10,88	1,52

Tabla 32. (Continuación)

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
117	BV08M (NS)	10,8	10,8	10,8	10,7	9,1	9,2	9,0	9,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,3	1,2	1,1	1,1	10,78	9,10	1,15
118	BVn08M (NS)	8,9	8,9	8,9	8,8	8,5	8,6	9,0	9,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	8,88	8,80	1,13
119	BV08S (NS)	5,2	5,3	5,2	5,2	5,0	5,2	5,2	5,2	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	5,23	5,15	0,80
120	BVn08S (NS)	5,9	6,0	6,0	5,9	5,6	5,6	5,5	5,6	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	5,95	5,58	0,94
121	BV09I (NS)	11,4	11,4	11,4	11,4	10,4	10,5	10,5	10,5	1,7	2	1,6	1,8	1,5	1,6	1,6	1,6	11,40	10,48	1,68
122	BV09M (NS)	12,3	12,3	12,3	12,3	10,6	10,5	10,4	10,3	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	12,30	10,45	1,43
123	BVn09M (NS)	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	10,0	9,8	9,8	1,2	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,5	1,4	9,80	9,85	1,35
124	BV10I (NS)	11,2	11,2	11,3	11,4	11,7	11,5	11,6	11,4	2,1	1,9	2,0	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	11,28	11,55	2,05
125	BV10M (NS)	12,0	12,0	12,0	12,0	10,7	11,2	11,0	10,7	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	12,00	10,90	1,48
126	BVn10M (NS)	11,8	11,8	11,8	11,8	11,4	11,6	11,8	11,5	1,6	1,5	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	11,80	11,58	1,66
127	BVn11M (NS)	7,9	8,0	7,9	7,9	7,6	7,8	7,9	7,3	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	7,93	7,65	1,05
128	BV12I (NS)	10,5	10,5	10,5	10,5	10,3	10,2	10,0	10,1	1,9	1,4	1,7	1,7	1,6	2,0	1,8	2,0	10,50	10,15	1,76
129	BVn12I (NS)	10,1	10,1	10,1	10,1	10,2	10,1	10,1	10,1	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	10,10	10,13	1,59
130	BV12M (NS)	9,3	9,3	9,3	9,3	9,0	8,9	9,1	9,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3	9,30	9,03	1,15
131	BVn12M (NS)	10,2	10,1	10,1	10,2	9,2	9,2	9	9	1,5	1,5	1,3	1,4	1,5	1,3	1,2	1,4	10,15	9,10	1,39
132	BV12S (NS)	7,5	7,5	7,5	7,5	6,3	6,2	6,4	6,4	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0	1,1	1,2	1,0	7,50	6,33	0,95
133	BVn12S (NS)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,8	5,9	6,1	6,0	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	5,50	5,95	0,88
134	BV13I (NS)	10,3	10,2	10,2	10,3	10,4	10,4	10,3	10,3	1,4	1,4	1,7	1,7	1,4	1,5	1,6	1,6	10,25	10,35	1,54
135	BVn13I (NS)	12,3	12,3	12,3	12,3	11,1	11,2	11,2	11,2	1,8	1,8	1,8	2,0	1,8	1,6	1,6	1,9	12,30	11,18	1,79
136	BV13M (NS)	8,8	8,8	8,8	8,8	8,3	8,4	8,2	8,2	1,2	1,1	1,1	1,2	0,9	1,1	1,1	1,0	8,80	8,28	1,09
137	BVn13M (NS)	9,2	9,3	9,2	9,3	8,5	8,5	8,4	8,3	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,2	1,3	1,1	9,25	8,43	1,18
138	BV13S (NS)	8,8	8,7	8,7	8,7	7,2	7,2	7,3	7,4	1,4	1,5	1,3	1,0	0,9	0,9	0,8	0,9	8,73	7,28	1,09
139	BVn13S (NS)	7,3	7,3	7,3	7,3	5,6	5,5	5,9	6,0	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	7,30	5,75	0,83
140	BV14I (NS)	9,8	9,8	9,8	9,8	10,2	9,9	10,1	10,0	1,4	1,8	1,7	1,9	1,2	1,5	1,6	1,5	9,80	10,05	1,58
141	BVn14I (NS)	10,9	10,9	10,9	10,9	10,0	10,1	10,1	10,0	1,5	1,4	1,4	1,5	1,6	1,4	1,6	1,5	10,90	10,05	1,49
142	BV14M (NS)	9,2	9,3	9,3	9,2	8,8	8,8	8,7	8,6	1,2	1,1	1,2	1,2	1,0	1,0	1,1	1,1	9,25	8,73	1,11
143	BVn14M (NS)	9,3	9,4	9,3	9,4	8,9	8,8	9,2	9,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	1,1	1,2	1,3	9,35	9,00	1,21
144	BV14S (NS)	6,0	6,0	6,0	6,0	4,7	4,7	4,9	4,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	6,00	4,80	0,71
145	BVn14S (NS)	6,5	6,6	6,5	6,5	6,1	5,9	5,7	*	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	6,53	5,90	0,84
146	BV15I (NS)	9,4	9,3	9,3	9,3	10,0	9,8	9,8	9,9	1,5	1,6	1,6	1,4	1,6	1,4	1,4	1,6	9,33	9,88	1,51

Tabla 32. (Continuación)

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
147	BVn15I (NS)	11,4	11,4	11,4	11,4	10,1	10,2	10,4	10,2	1,5	1,5	1,4	1,7	1,4	1,7	1,4	1,6	11,40	10,23	1,53
148	BV15M (NS)	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,4	7,6	7,6	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	7,80	7,60	0,98
149	BVn15M (NS)	8,1	8,1	8,2	8,1	7,1	7,1	7,4	7,4	0,9	0,9	0,8	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	8,13	7,25	0,93
150	BV15S (NS)	5,4	5,4	5,4	5,4	5,7	5,5	5,8	5,6	0,8	0,7	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	5,40	5,65	0,80
151	BVn15S (NS)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	*	4,5	4,5	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	4,20	4,40	0,80
152	CVn01I (S)	9,8	9,8	9,8	9,8	9,7	9,4	9,4	9,5	1,7	1,8	1,8	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5	9,80	9,50	1,66
153	CV01M (S)	10,3	10,3	10,3	10,3	9,3	9,5	9,4	9,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	10,30	9,33	1,18
154	CVn01M (S)	10,3	10,4	10,3	10,4	9,1	9,4	9,4	9,4	1,3	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	10,35	9,33	1,20
155	CV02I (S)	13,5	13,5	13,5	13,5	12,8	12,6	12,7	12,7	2,4	2,5	2,0	2,3	2,5	1,8	2,0	2,4	13,50	12,70	2,24
156	CVn02I (S)	12,4	12,4	12,4	12,4	12,6	12,8	12,6	12,6	2,0	1,8	1,6	1,7	2,0	1,7	2,0	2,0	12,40	12,65	1,85
157	CV02M (S)	12,9	12,9	12,9	12,8	11,1	11,3	11,0	11,1	1,1	1,1	1,3	1,2	*	1,3	*	*	12,88	11,13	1,20
158	CVn02M (S)	12,6	12,6	12,6	12,6	11,0	11,0	11,2	11,3	1,1	1,3	1,1	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	12,60	11,13	1,21
159	CV03I (S)	11,4	11,4	11,4	11,4	9,9	10,0	10,0	9,9	2,3	1,9	2,2	2,0	1,9	2,3	2,2	2,0	11,40	9,95	2,10
160	CVn03I (S)	11,9	11,9	11,9	11,9	10,2	10,1	10,0	10,0	2,0	1,6	1,9	1,6	1,7	2,0	1,5	2,0	11,90	10,08	1,79
161	CVn03M (S)	9,5	9,5	9,4	9,5	8,5	8,6	8,5	8,4	0,8	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	9,48	8,50	0,90
162	CV03S (S)	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	7,00	7,00	0,74
163	CVn03S (S)	9,0	9,0	9,0	9,0	7,4	7,4	7,3	7,3	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	9,00	7,35	0,76
164	CV04I (S)	9,9	9,9	9,9	9,9	11,3	11,5	11,5	11,3	1,7	1,5	1,3	1,8	1,5	1,6	1,5	1,9	9,90	11,40	1,60
165	CVn04I (S)	11,9	11,9	12,0	11,9	11,5	10,9	11,4	11,2	1,7	2,1	1,5	2,0	2,1	1,5	2,0	1,8	11,93	11,25	1,84
166	CV04M (S)	13,1	13,1	13,1	13,1	11,4	11,3	11,2	11,4	1,2	1,4	1,4	1,2	1,2	1,3	1,3	1,1	13,10	11,33	1,26
167	CVn04M (S)	12,0	12,0	12,0	12,0	11,4	11,5	11,3	11,5	1,1	1,4	1,3	1,3	1,4	1,2	1,3	1,2	12,00	11,43	1,28
168	CV04S (S)	10,7	10,5	10,6	10,7	9,7	9,9	10,0	9,9	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0	1,1	10,63	9,88	1,00
169	CVn04S (S)	10,6	10,6	10,6	10,6	10,0	10,0	9,8	9,9	1,0	1,0	0,9	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	10,60	9,93	1,01
170	CV05I (S)	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,2	11,2	11,4	2,0	1,9	1,8	1,9	1,7	2,0	2,0	1,5	11,30	11,28	1,85
171	CVn05I (S)	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	12,3	11,7	11,3	1,3	1,6	1,8	1,7	1,8	1,7	1,5	1,7	11,70	11,75	1,64
172	CV05M (S)	12,3	12,3	12,4	12,4	10,6	10,7	10,8	10,5	1,2	1,2	1,4	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	12,35	10,65	1,26
173	CVn05M (S)	11,3	11,3	11,3	11,3	10,5	10,6	10,3	10,5	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,0	1,1	1,1	11,30	10,48	1,13
174	CVn05S (S)	9,8	9,8	9,8	9,8	9,1	9,0	9,2	9,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	9,80	9,15	1,00
175	CV06I (S)	11,8	11,8	11,8	11,8	11,4	11,4	11,3	11,3	1,6	1,9	1,9	1,6	1,7	1,4	1,4	1,7	11,80	11,35	1,65
176	CVn06I (S)	12,8	12,9	12,8	13,0	11,9	11,7	11,8	11,9	1,8	1,6	1,6	1,9	1,9	1,5	1,6	1,8	12,88	11,83	1,71

Tabla 32. (Continuación)

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
177	CV06M (S)	11,8	11,7	11,9	11,8	10,2	10,3	10,3	10,4	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	11,80	10,30	1,25
178	CVn06M (S)	10,9	10,9	10,9	10,9	10,2	10,2	10,0	10,0	1,2	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	10,90	10,10	1,18
179	CV06S (S)	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,5	8,5	8,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	9,00	8,43	0,88
180	CVn06S (S)	10,8	10,8	10,8	10,8	9,2	9,1	9,1	9,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	10,80	9,10	0,99
181	CV07I (NS)	13,9	13,8	13,9	13,9	12,2	12,5	12,2	12,4	2,0	2,1	2,2	2,0	1,8	2,3	2,3	2,1	13,88	12,33	2,10
182	CVn07I (NS)	11,5	11,5	11,5	11,5	11,6	11,8	11,8	11,6	2	1,7	1,7	1,8	2	1,8	2,1	1,7	11,50	11,70	1,85
183	CV07M (NS)	13,0	13,0	13,2	13,1	11,8	11,4	11,5	11,7	1,3	1,4	1,1	1,2	1,4	1,4	1,2	1,3	13,08	11,60	1,29
184	CVn07M (NS)	13,1	12,8	12,8	13,0	11,4	11,6	11,4	11,6	1,4	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,4	12,93	11,50	1,28
185	CVn07S (NS)	11,0	11,0	11,0	11,0	10,5	10,6	10,2	10,2	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,2	1,1	1,0	11,00	10,38	1,08
186	CV08I (NS)	10,7	10,8	10,8	10,8	10,6	10,7	10,8	10,7	1,9	1,7	1,8	1,7	1,6	1,9	1,7	1,6	10,78	10,70	1,74
187	CVn08I (NS)	11,1	11,1	11	11	10,2	10,5	10,5	10,4	1,5	1,4	1,3	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	11,05	10,40	1,43
188	CV08M (NS)	9,9	9,9	9,8	9,8	9,0	8,8	8,9	8,9	0,9	1,0	1,1	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8	9,85	8,90	0,94
189	CVn08M (NS)	10,8	10,8	10,8	10,8	8,7	8,8	8,9	1	0,7	1	0,8	0,8	1	1	1	0,9	10,80	6,85	0,90
190	CV08S (NS)	8,3	8,5	8,4	8,4	7,4	7,2	7,5	7,2	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	8,40	7,33	0,80
191	CVn08S (NS)	8,4	8,3	8,4	8,5	8,4	8,3	7,1	7,0	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	8,40	7,70	0,80
192	CV09I (NS)	16,7	16,7	16,7	16,7	11,6	11,7	11,8	11,6	*	*	*	*	1,7	1,8	1,9	1,5	16,70	11,68	1,73
193	CVn09I (NS)	12,9	12,8	12,8	12,8	11,4	11,6	11,8	11,8	2,1	1,8	1,7	1,8	2,0	2,0	1,7	1,7	12,83	11,65	1,85
194	CV09M (NS)	13,2	13,2	13,1	13,1	11,5	11,5	11,5	11,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,4	1,5	1,3	13,15	11,50	1,33
195	CVn09M (NS)	12,4	12,5	12,4	12,5	11,5	11,5	11,4	11,4	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	12,45	11,45	1,24
196	CV09S (NS)	10,5	10,6	10,6	10,6	9,8	10,1	9,8	10,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	10,58	9,98	0,99
197	CVn09S (NS)	11,3	11,2	11,3	11,3	10,1	10,2	10,1	10,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	11,28	10,10	1,01
198	CV10I (NS)	11,6	11,5	11,6	11,6	11,8	11,6	11,8	11,5	1,6	1,9	2,0	1,6	1,5	1,9	1,6	1,8	11,58	11,68	1,74
199	CVn10I (NS)	11,7	11,8	11,7	11,7	11,4	11,6	11,3	11,3	1,0	0,9	0,8	1,0	1,6	1,6	1,6	1,4	11,73	11,40	1,24
200	CV10M (NS)	12,0	12,0	12,2	12,2	10,2	10,2	10,2	10,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	12,10	10,20	1,00
201	CVn10M (NS)	11,9	11,8	11,9	12,0	10,4	10,3	10,2	10,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	0,9	11,90	10,28	1,06
202	CV10S (NS)	10,0	10,0	10,0	9,9	8,6	8,5	8,5	8,7	0,9	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	9,98	8,58	0,95
203	CVn10S (NS)	10,9	10,9	10,8	10,9	8,5	8,6	8,8	8,7	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	10,88	8,65	0,93
204	CV11I (NS)	12,2	12,2	12,1	12,1	11,6	11,8	11,9	11,7	1,9	2	2,2	1,7	1,9	1,9	1,7	1,9	12,15	11,75	1,90
205	CVn11I (NS)	13,5	13,9	13,9	13,5	11,6	11,7	11,7	11,6	1,4	1,9	1,7	1,6	1,8	1,4	1,5	1,7	13,70	11,65	1,63
206	CV11M (NS)	12,9	13,0	12,9	13,0	11,2	11,4	11,5	11,2	1,4	1,1	1,9	1,2	1,1	1,3	1,2	1,2	12,95	11,33	1,30

Tabla 32. (Continuación)

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
207	CV11S (NS)	9,5	9,5	9,5	9,5	8,6	8,5	8,6	8,4	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	9,50	8,53	0,88
208	CVn11S (NS)	9,3	9,4	9,3	9,3	9	8,9	9,1	9,1	1,3	1,3	1,1	1,3	1,1	1,2	1,2	1,3	9,33	9,03	1,23
209	CV12I (NS)	11,3	11,3	11,3	11,3	11,4	11,2	11,2	11,4	1,2	1,6	1,4	1,6	1,3	1,6	1,3	1,6	11,30	11,30	1,45
210	CVn12I (NS)	13,1	13,2	13,2	13,2	11,3	11,5	11,2	11,5	1,6	1,3	1,5	1,7	1,4	1,7	1,6	1,4	13,18	11,38	1,53
211	CV12M (NS)	11,0	11,0	11,1	11,2	10,4	10,5	10,5	10,4	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	11,08	10,45	1,13
212	CVn12M (NS)	12,4	12,4	12,5	12,5	10,8	10,7	10,9	10,7	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	2,0	3,0	2,0	12,45	10,78	1,75
213	CVn12S (NS)	12,9	12,9	12,9	12,9	10,9	11,0	11,0	10,9	1,5	1,9	1,5	1,7	1,8	1,5	1,8	1,6	12,90	10,95	1,66
214	CV13I (NS)	12,1	12,1	12,2	12,2	11,5	11,5	11,3	11,4	1,8	2,0	1,7	1,5	1,6	1,8	1,7	1,4	12,15	11,43	1,69
215	CVn13I (NS)	12,1	12,1	12,2	12,1	11,4	11,1	11,3	11,4	1,4	1,5	1,7	1,7	1,5	1,5	1,7	1,7	12,13	11,30	1,59
216	CV13M (NS)	12,2	12,1	12,2	12,2	10,1	10,0	9,9	9,9	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	12,18	9,98	1,06
217	CVn13M (NS)	12,1	12,2	12,1	12,1	10,2	10,1	10,2	10,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	12,13	10,15	1,10
218	CV13S (NS)	8,7	8,8	8,7	8,8	8,5	8,4	8,3	8,4	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	1,0	8,75	8,40	0,88
219	CVn13S (NS)	11,0	11,0	11,2	11,0	10,1	10,4	10,1	10,2	1,1	1,0	1,2	1,1	1,2	1,0	1,1	1,2	11,05	10,20	1,11
220	CV14M (NS)	11,4	11,5	11,4	11,4	10,7	10,4	10,4	10,5	1,3	1,2	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	11,43	10,50	1,26
221	CVn14M (NS)	11,7	11,7	11,8	11,8	10,5	10,6	10,6	10,6	1,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	11,75	10,58	1,21
222	CV14S (NS)	10,6	10,7	10,7	10,7	9,7	9,7	9,5	9,6	1,0	1,1	0,9	1,0	1,3	1,1	1,2	1,0	10,68	9,63	1,08
223	CVn14S (NS)	11,1	11,1	11,2	11,2	9,8	9,9	9,9	9,9	1,1	1,2	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	11,15	9,88	1,06
224	CV15I (NS)	11,9	11,9	12,0	11,9	11,7	11,6	11,7	11,7	1,4	1,5	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4	11,93	11,68	1,33
225	CVn15I (NS)	13,7	13,7	13,7	13,5	11,3	11,5	11,1	11,4	1,8	2	1,6	2,1	1,7	1,9	1,7	2	13,65	11,33	1,85
226	CV15M (NS)	11,2	11,2	11,2	11,2	10,5	10,6	10,4	10,6	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,1	11,20	10,53	1,11
227	CVn15M (NS)	11,9	11,9	12,0	12,0	10,5	10,8	10,5	10,6	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,0	1,1	1,0	11,95	10,60	1,11
228	CV15S (NS)	12,0	11,8	11,8	12,0	10,0	9,9	10,0	10,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	11,90	9,98	0,98
229	CVn15S (NS)	11,5	11,4	11,4	11,4	9,7	9,7	9,9	9,8	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	11,43	9,78	1,01
230	DV01I (S)	12	12	12	12	10,9	10,8	10,6	10,6	2,2	2	2	2	2,3	1,9	1,9	1,8	12,00	10,73	2,01
231	DV01M (S)	10,2	10,2	10,2	10,2	10,5	10,5	10,7	10,7	1,6	1,6	1,5	1,7	2	2	1,7	2	10,20	10,60	1,76
232	DVn01M (S)	11,5	11,5	11,5	11,5	10,5	10,5	10,5	10,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,6	1,5	1,5	11,50	10,50	1,50
233	DV01S (S)	10	10	10	10	8,7	8,9	8,9	8,7	1	1	1	1	1	1	1	1	10,00	8,80	1,00
234	DVn01S (S)	10,3	10,5	10,5	10,5	8,8	8,7	9	8,9	1,1	1,1	1	1	1,1	1	1,1	1,1	10,45	8,85	1,06
235	DV02I (S)	9,7	9,6	9,6	9,8	9,7	9,6	9,7	9,6	1,6	1,6	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,6	9,68	9,65	1,43
236	DVn02I (S)	9,7	9,7	9,7	9,7	9,9	9,8	9,9	9,9	1,8	2,1	2	2	2,1	1,9	2	2	9,70	9,88	1,99

Tabla 32. (Continuación)

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
237	DV02S (S)	11,7	11,7	11,7	11,7	9,8	9,8	9,8	9,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1,1	11,70	9,80	1,09
238	DV03I (S)	12,3	12,3	12,3	12,3	10,8	10,8	10,7	10,5	1,8	2	1,8	1,8	2	2	1,8	1,8	12,30	10,70	1,88
239	DVn03I (S)	12,7	12,7	12,7	12,8	10,7	10,9	11,1	11,2	1,9	2,1	1,9	1,9	1,8	1,9	2	1,8	12,73	10,98	1,91
240	DV03M (S)	11,1	11,1	11,1	11,1	10,5	10,2	10,4	10,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	11,10	10,38	1,36
241	DVn03M (S)	11,9	12	12	12	10,4	10,4	10,5	10,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,3	11,98	10,40	1,33
242	DV03S (S)	11,4	11,4	11,4	11,4	10,3	10,2	10	10	1,2	1,5	1,3	1,3	1,1	1,2	1,2	1,2	11,40	10,13	1,25
243	DVn03S (S)	11,5	11,5	11,5	11,5	9,6	9,6	9,8	10	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	11,50	9,75	1,13
244	DV04I (S)	11,6	11,6	11,6	11,6	9,09	9,09	9,09	9,09	1,08	2	1,9	2	1,9	1,8	2	1,8	11,60	9,09	1,81
245	DV04S (S)	9,1	9,3	9,2	9,1	11,5	11,5	11,5	11,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	9,18	11,50	1,05
246	DVn04S (S)	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	2	1,8	1,8	1,9	1,8	2	1,9	1,8	9,90	9,90	1,88
247	DV05I (S)	13,6	13,6	13,6	13,6	11,6	11,6	11,6	12	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,5	1,8	13,60	11,70	1,59
248	DVn05I (S)	12,7	12,5	12,7	12,5	12,3	12,1	12,6	12,3	1,6	1,8	1,9	1,5	1,6	1,5	1,9	1,5	12,60	12,33	1,66
249	DV05M (S)	12,1	12,1	12	12,1	11,7	11,4	11,4	11,5	1,4	1,5	1,6	1,3	1,5	1,4	1,5	1,3	12,08	11,50	1,44
250	DVn05M (S)	13,8	13,8	14	13,8	11,3	11	11	11,3	1,4	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	13,85	11,15	1,28
251	DV05S (S)	11,2	11,2	11,1	11,2	9,3	9,2	9,1	9,2	0,9	1	1	1	0,9	1	0,9	1	11,18	9,20	0,96
252	DVn05S (S)	10,8	10,8	10,8	10,8	9,3	9,2	9,2	9,3	1,1	1	1	1,1	0,9	1	1	1,1	10,80	9,25	1,03
253	DV06I (S)	13,4	13,4	13,4	13,4	11,7	11,9	11,9	11,7	1,9	1,9	1,5	1,6	1,8	1,9	1,7	1,1	13,40	11,80	1,68
254	DVn06I (S)	13,9	13,9	13,9	13,9	11,8	11,5	11,6	11,7	1,5	1,7	1,3	1,8	1,8	1,9	1,6	1,5	13,90	11,65	1,64
255	DV06M (S)	10,1	10,1	10,1	10,1	10,7	10,6	10,4	10,6	1,4	1,2	1,2	1,4	1,2	1,2	1,1	1,3	10,10	10,58	1,25
256	DVn06M (S)	10,8	10,9	10,8	10,8	10,6	10,36	10,8	10,5	1,4	1,1	1,2	1,4	1,3	1,3	1,4	1,2	10,83	10,57	1,29
257	DV06S (S)	10,9	10,9	11	10,9	9,4	9,7	9,7	9,4	9,1	1	1	1	0,9	1	1	0,9	10,93	9,55	1,99
258	DVn06S (S)	11,2	11,2	11,2	11,2	9,4	9,2	9,2	9	1,1	1	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1	11,20	9,20	1,06
259	DV07I (NS)	10,3	10,3	10,4	10,3	12,5	12,2	12,2	11,7	2,1	2,1	2,4	2,5	2,2	2,2	2,8	2,7	10,33	12,15	2,38
260	DVn07I (NS)	11,6	11,6	11,6	11,6	11,3	11,4	11,4	11,6	1,9	2,2	2	2,1	2	2,2	2	2,2	11,60	11,43	2,08
261	DV07S (NS)	10,8	10,9	10,8	10,7	9,8	9,8	9,8	10	1,1	1,1	1	1,1	1,3	1,3	1,2	1,1	10,80	9,85	1,15
262	DVn07S (NS)	10,8	10,8	10,8	10,8	10	10	10,2	10,1	1,5	1,4	1,6	1,4	1,4	1,6	1,5	1,5	10,80	10,08	1,49
263	DV08I (NS)	8,6	8,6	8,6	8,6	9	9	9	9	1,5	1,4	1,3	1,5	1,5	1,4	1,6	1,6	8,60	9,00	1,48
264	DVn08I (NS)	11	11	11	11	9,4	9,3	9,3	9,4	1,1	1,2	1,6	1,4	1,2	1,1	1,4	1,5	11,00	9,35	1,31
265	DV08M (NS)	11,5	11,5	11,5	11,5	9,5	9,6	9,6	9,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	11,50	9,58	1,21
266	DVn08M (NS)	10,5	10,5	10,5	10,5	9,4	9,5	9,6	9,7	1,3	1,2	1,3	1,3	1,1	1,2	1,3	1,2	10,50	9,55	1,24

Tabla 32. (Continuación)

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
267	DV08S (NS)	9,1	9,1	9,1	9,1	9,2	9,2	9,2	9,2	1	0,5	0,8	1	1	1	1	1	9,10	9,20	0,91
268	DVn08S (NS)	14,4	14,4	14	14	8,9	8,9	8,5	8,6	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1	1,1	14,20	8,73	1,08
269	DV09I (NS)	9,5	9,5	9,5	9,5	9,2	9,2	9	9	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,6	1,4	1,6	9,50	9,10	1,54
270	DVn09I (NS)	10,1	10,1	10,1	10,1	8,6	8,6	8,7	8,7	1,4	1,3	1,4	1,3	1,5	1,4	1,4	1,3	10,10	8,65	1,38
271	DV09M (NS)	9,2	9,2	9,2	9,2	8,5	8,5	8,4	8,5	1,1	1,2	1,1	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	9,20	8,48	1,18
272	DVn09M (NS)	10,5	10,5	10,5	10,5	8,8	8,5	8,5	8,8	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	10,50	8,65	1,21
273	DV09S (NS)	9,7	9,7	9,7	9,7	8,3	8,3	8,1	8,3	1	1	1	1	1,2	1,2	1,1	1,1	9,70	8,25	1,08
274	DVn09S (NS)	10,2	10,2	10,2	10,2	8,6	8,6	8,3	8,4	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1,1	1	10,20	8,48	1,08
275	DV10I (NS)	10	10	9,9	10	9,1	9,2	9,2	9,2	1,8	1,6	1,7	1,8	1,5	1,7	1,8	1,7	9,98	9,18	1,70
276	DVn10I (NS)	10,7	10,8	10,8	10,8	8,9	9	9	9,1	2	1,7	1,8	1,8	1,8	2	1,9	1,6	10,78	9,00	1,83
277	DV10M (NS)	10,8	10,9	10,8	10,9	9,5	9,4	9,4	9,7	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	10,85	9,50	1,24
278	DVn10M (NS)	10,4	10,4	10,4	10,4	1,4	9,4	9,5	9,5	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	10,40	7,45	1,26
279	DV10S (NS)	11,2	11,2	11,2	11,2	8,6	8,7	8,7	8,6	1	1	1	1	1,1	1	1	1,1	11,20	8,65	1,03
280	DVn10S (NS)	10,5	10,4	10,5	10,4	9	9	9,4	9,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	10,45	9,13	1,15
281	DV11I (NS)	10,7	10,7	10,7	10,6	9,4	9,6	9,5	9,5	1,5	1,7	1,6	1,5	1,7	1,5	1,6	1,8	10,68	9,50	1,61
282	DVn11I (NS)	10,5	10,5	10,5	10,5	9,3	9,3	9,3	9,5	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	10,50	9,35	1,14
283	DV11M (NS)	10,9	11	10,9	11,8	10,1	10	10	10	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	11,15	10,03	1,26
284	DVn11M (NS)	12,1	12,2	12,2	12,1	10	10,2	9,8	9,9	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	12,15	9,98	1,28
285	DV11S (NS)	10,6	10,6	10,6	10,6	9,6	9,5	9,6	9,6	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	10,60	9,58	1,25
286	DVn11S (NS)	12,1	12,1	12,2	12,2	9,2	9,2	9,5	9,6	1,2	1,2	1,3	1	1,2	1,2	1,3	1,2	12,15	9,38	1,20
287	DV12M (NS)	10,2	10,2	10,3	10,3	8,2	8,3	8,2	8,4	1,1	1	1	1	1	1,1	1	1	10,25	8,28	1,03
288	DVn12M (NS)	11	11,1	11,1	11,1	8,4	8,4	8,4	8	1,1	1,1	1	1,1	1	1	1	1,1	11,08	8,30	1,05
289	DV12S (NS)	9,1	9	9	9,1	7,2	7,3	7,3	7,3	0,9	0,9	0,9	1	0,9	1	1,1	1	9,05	7,28	0,96
290	DVn12S (NS)	9,1	9	9,1	9,1	6,7	6,9	7,2	7,2	0,9	1	1	1	1	1,2	0,9	1	9,08	7,00	1,00
291	DV13I (NS)	12,1	12,1	12,1	12,1	10,8	10,6	10,6	10,7	1,7	1,8	1,6	2	1,7	1,6	1,7	1,5	12,10	10,68	1,70
292	DVn13I (NS)	10,7	10,7	10,8	10,8	10	10	10	9,9	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1	10,75	9,98	1,09
293	DV13M (NS)	9,7	9,7	9,7	9,7	9,3	9,4	9,5	9,5	0,9	1	1	1	0,9	1	0,9	1	9,70	9,43	0,96
294	DVn13M (NS)	9,5	9,5	9,5	9,6	9,2	9,2	9,3	9,2	1	1	1,1	1	1,1	1	1,1	0,9	9,53	9,23	1,03
295	DV13S (NS)	9,1	9,1	9,1	9,1	8,2	8,5	8,5	8,6	1	1	1	1	1,6	1,4	1,3	1,4	9,10	8,45	1,21
296	DVn13S (NS)	11,5	11,5	11,5	11,5	8,9	8,7	8,7	8,6	1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	11,50	8,73	1,10

Tabla 32. (Continuación)

No.	Nomenclatura	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)	l_4 (cm)	ϕ_1 (cm)	ϕ_2 (cm)	ϕ_3 (cm)	ϕ_4 (cm)	e_1 (cm)	e_2 (cm)	e_3 (cm)	e_4 (cm)	e_5 (cm)	e_6 (cm)	e_7 (cm)	e_8 (cm)	l_{prom} (cm)	ϕ_{prom} (cm)	e_{prom} (cm)
297	DV14I (NS)	10,1	10,1	10,1	10	10,6	10,6	10,5	10,3	1,5	1,5	1,4	1,5	1,8	1,8	1,7	1,8	10,08	10,50	1,63
298	DVn14I (NS)	10,5	10,5	10,5	10,5	10	10,3	10,2	10,3	1,6	1,8	1,8	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8	10,50	10,20	1,68
299	DV14M (NS)	11,8	11,8	11,9	11,8	11	10,9	11,1	10,9	1,2	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3	1,5	1,4	11,83	10,98	1,39
300	DVn14M (NS)	12,5	12,5	12,5	12,5	11	10,8	11	10,7	1,5	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,2	12,50	10,88	1,36
301	DV14S (NS)	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10	10,1	10,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	10,10	10,08	1,15
302	DV15I (NS)	12,3	12,7	12,5	12,7	11,6	11,6	11,5	11,6	1,9	1,9	1,8	1,6	1,7	1,6	1,6	2	12,55	11,58	1,76
303	DVn15I (NS)	13,1	13,2	13,1	13,2	12,1	12,2	12,3	12,2	2,3	2,2	2,2	2,3	2,4	2,2	2,4	2,2	13,15	12,20	2,28
304	DV15M (NS)	13,4	13,5	13,4	13,3	12	11,9	12,1	11,8	1,4	1,6	1,8	1,6	1,7	1,5	1,7	1,9	13,40	11,95	1,65
305	DVn15M (NS)	11,3	11,3	11,2	11,1	11,3	11,4	12	11,7	1,5	1,5	1,5	1,7	1,5	1,6	1,6	1,4	11,23	11,60	1,54
306	DV15S (NS)	11,5	11,5	11,5	11,5	9,7	9,8	9,3	9,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,1	1,1	1,1	1,1	11,50	9,48	1,25
307	DVn15S (NS)	11,1	11	11,1	11	9,4	9,3	9,1	9,1	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,7	1,7	11,05	9,23	1,73

* No fue posible medir estos datos

ANEXO C. Carga máxima, esfuerzo último y Contenido de Humedad.

Tabla 33. Resultados ensayo a Corte paralelo a la fibra.

No.	Nomenclatura	ÁREA (cm ²)	Fuerza (Kgf)	σ_{ult} (Mpa)	% CH
1	AVn01I (S)	53,88	7800	8,54	117,57
2	AV01M (S)	37,15	3785	6,19	105,57
3	AVn01M (S)	32,50	3685	7,46	114,48
4	AV01S (S)	25,68	1725	4,64	100,82
5	AV02M (S)	32,40	3750	6,69	84,81
6	AVn02M (S)	31,54	3870	7,10	74,37
7	AV02S (S)	22,31	2420	6,78	95,63
8	AVn02S (S)	23,18	2300	5,73	96,93
9	AV03I (S)	30,07	3335	6,80	129,46
10	AVn03I (S)	31,45	3690	6,74	128,41
11	AV03M (S)	15,90	1910	6,66	110,00
12	AVn03M (S)	21,79	2000	6,14	115,02
13	AV03S (S)	10,60	1000	5,12	95,40
14	AVn03S (S)	10,56	1810	9,67	103,87
15	AV04I (S)	28,36	3435	7,60	74,18
16	AVn04I (S)	30,07	3400	7,31	96,55
17	AV04M (S)	29,07	1875	3,84	103,19
18	AVn04M (S)	25,52	2870	6,71	91,01
19	AVn04S (S)	22,21	3100	7,42	77,40
20	AV05I (S)	63,92	3760	3,82	100,00
21	AVn05I (S)	60,05	6750	7,39	74,16
22	AV05M (S)	55,91	4500	4,98	101,82
23	AV06I (S)	52,60	3475	4,15	143,04
24	AV06M (S)	33,25	2790	5,06	106,81
25	AVn06M (S)	36,01	2600	4,53	121,67
26	AV06S (S)	15,09	1550	5,61	101,55
27	AVn06S (S)	15,02	1540	7,40	105,99
28	AV07M (NS)	45,52	3135	4,18	100,37
29	AVn07M (NS)	41,56	3560	5,46	90,84
30	AVn07S (NS)	34,74	2985	5,75	85,49
31	AV08M (NS)	36,03	3600	7,26	64,79
32	AV09I (NS)	31,61	3560	7,39	95,39
33	AV09S (NS)	14,44	1520	1,81	77,19
34	AV10I (NS)	61,89	5660	6,03	75,70
35	AVn10I (NS)	58,12	6750	6,78	99,04
36	AV10M (NS)	29,94	2486	5,75	70,69
37	AV10S (NS)	25,79	2840	3,38	109,15
38	AV11I (NS)	38,75	5650	7,46	78,79
39	AVn11I (NS)	49,94	5465	6,62	149,33
40	AV11M (NS)	29,54	3325	7,21	84,79
41	AV11S (NS)	27,53	2375	2,82	180,88
42	AV12M (NS)	31,17	3720	7,60	89,74
43	AVn12M (NS)	31,95	3990	9,48	85,16
44	AVn12S (NS)	18,06	2100	6,86	81,19

Tabla 33. (Continuación)

No.	Nomenclatura	ÁREA (cm ²)	Fuerza (Kgf)	σ_{ult} (Mpa)	% CH
45	AV13M (NS)	33,31	4375	8,95	70,75
46	AVn13S (NS)	23,82	3340	8,21	67,87
47	BV01M (S)	20,09	2115	5,49	150,56
48	BVn01M (S)	22,59	3310	9,78	63,21
49	BV01S (S)	11,97	1300	6,79	111,76
50	BVn01S (S)	10,63	2300	11,99*	98,88
51	BVn02I (S)	32,72	2310	5,73	132,02
52	BV02M (S)	17,88	1620	4,95	117,58
53	BV02S (S)	13,95	1080	4,80	125,41
54	BVn02S (S)	18,38	2550	7,72	90,57
55	BV03I (S)	34,64	2510	4,47	201,11
56	BVn03I (S)	34,40	2580	4,64	161,06
57	BV03M (S)	21,14	1590	5,47	182,02
58	BVn03M (S)	21,29	1380	4,45	197,40
59	BV04I (S)	39,01	3065	5,12	95,46
60	BVn04I (S)	41,19	2610	4,95	113,79
61	BV04M (S)	23,74	1850	4,74	151,70
62	BVn04M (S)	23,33	2150	5,09	60,00
63	BV04S (S)	16,91	1530	6,04	112,16
64	BV05I (S)	24,88	2000	5,13	82,29
65	BVn05I (S)	24,64	2290	5,31	152,70
66	BVn05M (S)	25,12	2235	5,57	119,76
67	BV05S (S)	21,02	2075	5,44	124,43
68	BV06I (S)	23,47	1560	4,42	220,55
69	BVn06I (S)	33,75	2425	4,40	121,51
70	BV06S (S)	5,30	1160	12,83*	114,29
71	BVn06S (S)	6,45	1350	11,52*	119,70
72	BV07I (NS)	33,20	1750	3,44	113,73
73	BV07M (NS)	22,46	2195	6,25	112,40
74	BVn07M (NS)	23,64	1770	4,54	115,47
75	BV07S (NS)	11,08	1490	8,73	50,31
76	BV08S (NS)	10,93	1120	6,57	76,72
77	BV09I (NS)	46,31	1770	2,27	21,88
78	BV10I (NS)	61,18	3490	3,70	70,07
79	BVn10M (NS)	51,77	3210	4,17	122,34
80	BV12I (NS)	46,44	2360	3,13	123,93
81	BV12M (NS)	28,45	2830	6,49	97,98
82	BV13I (NS)	42,57	3400	5,29	94,62
83	BV13M (NS)	24,56	1770	4,53	100,00
84	BV14I (NS)	41,93	3175	5,04	75,14
85	BVn14I (NS)	40,01	3510	5,44	126,90
86	BVn14M (NS)	29,66	2460	5,32	118,30
87	BV14S (NS)	9,15	2535	14,54*	73,33
88	BVn14S (NS)	9,44	1050	4,71	101,60
89	BV15I (NS)	39,74	2435	4,23	132,27
90	BV15M (NS)	20,29	1165	3,76	99,45
91	BV15S (NS)	12,19	1470	8,34	75,96

Tabla 33. (Continuación)

No.	Nomenclatura	ÁREA (cm ²)	Fuerza (Kgf)	σ_{ult} (Mpa)	% CH
92	CVn01I (S)	40,93	5115	7,70	129,11
93	CV01M (S)	30,08	2420	4,90	126,16
94	CVn01M (S)	30,63	3650	7,20	127,87
95	CV02I (S)	73,54	4650	4,25	144,08
96	CVn02I (S)	62,77	4985	5,33	142,28
97	CV02M (S)	24,45	2870	5,61	142,42
98	CVn02M (S)	37,76	3660	5,87	134,94
99	CV03I (S)	51,79	3875	3,97	205,43
100	CVn03I (S)	46,54	3210	3,70	210,59
101	CVn03M (S)	21,49	1720	4,95	156,92
102	CV03S (S)	14,51	950	4,51	135,39
103	CVn03S (S)	15,78	1510	5,39	166,26
104	CV04I (S)	49,26	3265	5,99	120,45
105	CVn04I (S)	54,34	5875	6,57	106,93
106	CV04M (S)	39,91	3880	5,75	97,56
107	CVn04M (S)	40,66	3190	5,11	111,40
108	CV04S (S)	27,88	2240	5,17	95,35
109	CVn04S (S)	28,35	3305	7,55	97,08
110	CV05I (S)	54,78	5300	6,22	131,87
111	CVn05I (S)	52,02	5720	7,32	122,38
112	CV05M (S)	37,23	2365	4,06	101,74
113	CVn05M (S)	33,05	4610	8,89	86,29
114	CVn05S (S)	25,60	3490	8,73	82,76
115	CV06I (S)	50,28	4700	6,98	135,42
116	CVn06I (S)	54,41	5040	5,60	146,76
117	CV06M (S)	35,54	4030	6,71	100,29
118	CVn06M (S)	32,95	3415	6,58	91,23
119	CV06S (S)	20,75	2480	7,72	98,96
120	CVn06S (S)	25,17	2375	5,45	115,31
121	CV07I (NS)	67,46	6750	5,68	108,86
122	CVn07I (NS)	57,25	3390	3,91	122,90
123	CV07M (NS)	41,71	3505	5,18	102,05
124	CVn07M (NS)	40,96	3480	5,18	124,53
125	CVn07S (NS)	31,41	2770	5,74	109,18
126	CV09M (NS)	42,35	3410	4,80	139,96
127	CV09S (NS)	27,88	2250	5,28	98,62
128	CVn09S (NS)	28,91	2760	5,93	105,50
129	CV10I (NS)	54,24	5860	7,14	158,89
130	CV10M (NS)	28,90	2430	4,92	109,76
131	CV11I (NS)	58,79	4790	5,09	125,48
132	CV11S (NS)	21,03	2050	6,05	113,18
133	CVn11S (NS)	30,02	2920	6,27	92,27
134	CV12I (NS)	44,87	4760	7,12	101,37
135	CVn12S (NS)	48,51	3500	4,00	65,78
136	CV13I (NS)	51,62	5040	6,03	105,90
137	CVn13I (NS)	48,44	6600	8,41	91,86
138	CVn15I (NS)	55,07	6250	6,15	89,42

Tabla 33. (Continuación)

No.	Nomenclatura	ÁREA (cm ²)	Fuerza (Kgf)	σ_{ult} (Mpa)	% CH
139	CVn15S (NS)	27,87	3150	6,68	90,98
140	DV01I (S)	55,08	5735	5,75	120,94
141	DV01M (S)	48,93	4000	5,38	95,36
142	DVn01M (S)	42,41	4435	6,30	97,54
143	DV01S (S)	24,50	2480	6,08	97,59
144	DVn01S (S)	25,99	2710	5,98	107,20
145	DVn02I (S)	49,25	6400	8,14	78,78
146	DV02S (S)	29,77	2735	5,27	110,47
147	DV03I (S)	51,98	6250	6,64	96,06
148	DVn03I (S)	54,45	8500	8,56	110,75
149	DV03M (S)	38,58	2035	3,30	85,88
150	DVn03M (S)	37,78	3880	6,05	115,85
151	DV03S (S)	34,85	3020	5,20	76,67
152	DVn03S (S)	30,48	3800	7,20	109,09
153	DV04I (S)	41,40	4255	4,70	138,95
154	DV04S (S)	34,47	3060	7,79	100,55
155	DVn04S (S)	47,27	3115	4,11	89,29
156	DV05I (S)	50,43	5705	6,48	120,33
157	DVn05I (S)	55,69	5090	5,96	113,50
158	DV05M (S)	45,44	5160	7,29	106,71
159	DVn05M (S)	39,55	5250	7,29	83,88
160	DV05S (S)	24,91	2510	5,72	95,28
161	DVn05S (S)	26,49	3475	7,70	114,66
162	DV06I (S)	53,28	6750	7,37	120,15
163	DVn06I (S)	51,51	5760	6,20	118,88
164	DV06M (S)	36,62	2580	5,01	94,57
165	DVn06M (S)	37,53	4150	7,30	103,53
166	DV06S (S)	47,22	3175	7,40	97,97
167	DVn06S (S)	27,16	3585	7,39	92,37
168	DV07S (NS)	31,43	2960	5,84	70,34
169	DV08I (NS)	33,14	2680	5,18	125,19
170	DV08S (NS)	23,76	3200	9,45	68,69
171	DVn08S (NS)	25,84	3050	4,90	99,47
172	DV09I (NS)	36,53	2640	4,43	96,68
173	DV10S (NS)	24,55	2150	4,59	90,51
174	DV11M (NS)	34,75	3205	5,67	126,80
175	DVn11S (NS)	30,82	3270	5,50	126,37
176	DV12S (NS)	19,09	1655	4,66	100,41
177	DV13I (NS)	47,93	5470	8,09	109,20
178	DVn13I (NS)	30,36	3330	6,98	70,61
179	DV14I (NS)	45,31	3200	4,78	142,93
180	DV14S (NS)	32,24	2300	4,85	101,34
181	DV15I (NS)	54,33	2000	2,22	109,06
182	DV15M (NS)	53,39	3840	4,26	67,02

*Datos atípicos

ANEXO D. Valores característicos y Esfuerzos admisibles.

Tabla 34. Valores Característicos y esfuerzos admisibles para los 4 rodales.

Datos estadísticos	Rodal A	Rodal B	Rodal C	Rodal D	Total
Número de datos (n)	45	40	43	41	169
Promedio (MPa)	6,36	5,31	6,03	6,04	5,95
Desviación estándar (s)	1,62	1,46	1,17	1,46	1,48
Coefficiente de variación (%)	25,5	27,5	19,4	24,3	24,8
Percentil 5 (MPa)	3,7	2,9	4,1	3,6	3,5
Valor característico (MPa)	3,3	2,6	3,8	3,3	3,3
Esfuerzo admisible (MPa)	1,0	0,8	1,2	1,0	1,0

Tabla 35. Valores Característicos y esfuerzos admisibles para las 3 secciones Saturadas.

Datos estadísticos	Inferior	Media	Superior	Total
Número de datos (n)	34	38	28	100
Promedio (MPa)	6,02	5,91	6,48	6,11
Desviación estándar (s)	1,31	1,33	1,29	1,32
Coefficiente de variación (%)	21,8	22,6	19,8	21,6
Percentil 5 (MPa)	3,9	3,7	4,4	3,9
Valor característico (MPa)	3,5	3,3	3,9	3,7
Esfuerzo admisible (MPa)	1,0	1,0	1,2	1,1

Tabla 36. Valores Característicos y esfuerzos admisibles para las 3 secciones No Saturadas.

Datos estadísticos	Inferior	Media	Superior	Total
Número de datos (n)	27	20	22	69
Promedio (MPa)	5,48	5,84	5,91	5,72
Desviación estándar (s)	1,69	1,57	1,75	1,66
Coefficiente de variación (%)	30,9	26,9	29,6	29,1
Percentil 5 (MPa)	2,7	3,3	3,0	3,0
Valor característico (MPa)	2,3	2,7	2,5	2,7
Esfuerzo admisible (MPa)	0,7	0,8	0,8	0,8

Tabla 37. Valores Característicos y esfuerzos admisibles con Nudo y sin Nudo.

Datos estadísticos	Nudo	Sin Nudo	Total
Número de datos (n)	71	98	169
Promedio (MPa)	6,47	5,57	5,95
Desviación estándar (s)	1,36	1,45	1,48
Coefficiente de variación (%)	21,0	26,1	24,8
Percentil 5 (MPa)	4,2	3,2	3,5
Valor característico (MPa)	4,0	3,0	3,3
Esfuerzo admisible (MPa)	1,2	0,9	1,0