



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

Neiva, julio 23 de 2021.

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

Los suscritos:

Luis Miguel Burbano Ibarra, con C.C. No.1.077.012.950 y Anyi Vanesa Claros Ortiz C.C. No. 1.083.920.091, autores de la tesis y/o trabajo de grado titulado DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL DE LA GUADUA (*Angustifolia Kunth*) MODIFICADA COMO TUBERÍA DE DRENAJE AGRÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE PITALITO presentado y aprobado en el año 2021, 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.

Vigilada Mineducación



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

LUIS MIGUEL BURBANO IBARRA

Firma:

1077012950

ANYI VANESA CLAROS ORTIZ

Firma:

10839200911



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL DE LA GUADUA (*Angustifolia Kunth*) MODIFICADA COMO TUBERÍA DE DRENAJE AGRÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE PITALITO

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Burbano Ibarra	Luis Miguel
Claros Ortiz	Anyi Vanesa

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Duarte Toro	Mauricio
López Rodríguez	Guissela Alexandra

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
-	-

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRÍCOLA

FACULTAD: INGENIERÍA

PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERÍA AGRÍCOLA

CIUDAD: PITALITO

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2021

NÚMERO DE PÁGINAS: 135

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías (X) Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___ Láminas___
Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos (X) Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros (X)



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

MATERIAL ANEXO: NINGUNO

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*): NO

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

Inglés

- | | |
|--|--|
| 1. Perforación | 1. Perforation |
| 2. Resistencia a la compresión perpendicular | 2. Resistance to perpendicular compression |
| 3. Módulo de elasticidad | 3. Modulus of elasticity |
| 4. Rodales | 4. Stands |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente proyecto evaluó a través de un análisis de varianza multifactorial (ANOVA), la resistencia a compresión perpendicular a la fibra de la sección media de la guadua *Angustifolia Kunth*, modificada como tubería de drenaje agrícola, de acuerdo a dos modelos de perforación (P y E). Las 122 probetas ensayadas fueron extraídas de cuatros zonas del Municipio de Pitalito y contenían un porcentaje de humedad promedio de 139.49% para la perforación P y 142.55% para la E. El análisis de varianza multifactorial (ANOVA) realizado en relación a los dos factores (procedencia -perforación) permitió identificar que estos no tienen incidencias significativas sobre la resistencia a la compresión, con un *p-valué* superior 0.05.

Los esfuerzos admisibles modificados por humedad, para ambas perforaciones fueron de 1.78 MPa y 1.30 MPa, respectivamente, superando los valores establecidos por la NSR-10. Finalmente, se determinó el módulo de elasticidad circunferencial de acuerdo a la metodología implementada por Torres et al. (2007) y López y Salcedo (2016).



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This research project assessed through a multifactorial analysis of variance (ANOVA) the perpendicular compression resistance to the fiber of the middle section of guadua *Angustifolia* Kunth, modified for agricultural drainage pipe according to two drilling models (P and E). The 122 tested specimens were extracted from four areas in Pitalito Municipality and they contained an average humidity percentage of 139.49% for P perforation and 142.55% for E. The multifactorial analysis of variance (ANOVA) developed to the two factors (origin/perforation) permitted to identify that they do not have significant incidence on compression resistance, with a p-value superior 0.05.

The admissible moisture-modified stresses for both perforations were of 1.78 MPa and 1.30 MPa, respectively, exceeding the values established by the NSR-10. Finally, it was determined the circumferential modulus of elasticity according to the methodology implemented by Torres et al, (2007) and López and Salcedo (2016).

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: Luis Humberto Martínez Palmeth

Firma:

Nombre Jurado: Juan Gonzalo Ardila Marín

Firma:

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA
FIBRA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL DE LA GUADUA
(*Angustifolia Kunth*) MODIFICADA COMO TUBERÍA DE DRENAJE AGRÍCOLA EN EL
MUNICIPIO DE PITALITO

ANYI VANESA CLAROS ORTIZ
LUIS MIGUEL BURBANO IBARRA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AGRÍCOLA
PITALITO-HUILA

2021

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA
FIBRA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL DE LA GUADUA
(*Angustifolia kunth*) MODIFICADA COMO TUBERÍA DE DRENAJE AGRÍCOLA EN EL
MUNICIPIO DE PITALITO

ANYI VANESA CLAROS ORTIZ
LUIS MIGUEL BURBANO IBARRA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero agrícola

Directores:

M. Sc MAURICIO DUARTE TORO
Ing. GUISELDA ALEXANDRA LÓPEZ RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERÍA AGRÍCOLA
PITALITO-HUILA

2021

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Director

Director

Pitalito, mayo 05 de 2021.

Dedicatorias

Dedico este proyecto a Dios y María Santísima, a mis padres Eliecer Claros Trujillo y Ana Socorro Ortiz, mis hermanos Diana Fernanda y Felipe Claros, que se esforzaron tanto como pudieron y más, gracias por brindarme lo que requería para culminar este gran proyecto. A mi pequeño amor Juan Daniel, quien es y será mi motor de superación. A mi gran amor, Luis Miguel Burbano, quien, con mucha paciencia, amor y con toda la grandeza de su corazón me ayudó, me guió y estuvo presente tanto como pudo y a todas las personas que con mucha paciencia y comprensión me apoyaron para culminar este gran proyecto de vida.

Anyi Vanesa Claros Ortiz

Dedico este proyecto a la razón de mi vivir, mis adorados padres Luis Ángel Burbano y Rosalba Ibarra, a mis hermanos Elkin, Camilo y Marlon, a la mujer más inteligente, bella, eficiente y quien ha sido un cimiento para mis proyecciones de vida, Anyi Vanesa Claros Ortiz, por todo su amor y entrega a mí. De manera especial a mi cuñada, Clara Trujillo, por su apoyo moral e incondicional. A las familias Burbano e Ibarra, por la confianza y admiración, dedicando este proyecto como ejemplo de superación y ganas de surgir para mejorar la calidad de vida de quienes amamos. Finalmente, a todos mis docentes, Ramón Maje, Diego Salazar, Julia Escobar; amigos, Diego Armando Nupan, María Elsy Garzón, Yimerson Arias, Juan Roa, conocidos, compañeros y demás personas que contribuyeron a que se hiciese realidad este sueño de ser profesional.

Luis Miguel Burbano Ibarra

Agradecimientos

Las misericordias del todopoderoso permiten alcanzar las metas que quienes le amamos trazamos en nuestra vida.

Siempre recordando con humildad todas las circunstancias que hemos cruzado en esta larga trayectoria de ejecución y elaboración de este gran proyecto, agradecemos inicialmente a nuestras familias que con todo su amor, comprensión y apoyo incondicional han contribuido a que podamos culminar esta etapa en nuestras vidas.

De manera muy especial traemos a mención el apoyo, enseñanzas, tiempo, conocimientos y esfuerzo realizado por los directores del proyecto Mauricio Duarte Toro y Guissela López Rodríguez. De igual forma, resaltamos el compromiso y el apoyo de los tesistas Julián Molina, Liliana Carantón, Yadira Vidal y Jesús Carillo, y a su director el ingeniero Edinson Mujica Rodríguez, en conjunto con su grupo de trabajo los ingenieros Juan Manuel Silva y Jhon Jairo Beltrán. Del mismo modo, reconocemos el gran apoyo y colaboración que nos brindó la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) en dirección del doctor Genaro Lozada Mendieta y el ingeniero Carlos Andrés González. Así mismo, manifestamos nuestro agradecimiento y aprecio al ingeniero Mauricio Castillo, quien con dedicación y sacrificio nos brindó todo su apoyo y orientación en el Laboratorio de Estructuras.

Por último y no menos importante, agradecemos la disposición y colaboración de los señores Jacinto Molina y Olga Gordillo, Héctor Valenzuela, Marleny Papamija y Juan Carlos Parra, propietarios de los predios donde se realizó la extracción del material vegetal, de igual forma extendemos nuestros agradecimientos a sus familias.

Contenido

Lista de Tablas	9
Lista de Figuras	11
Lista de Anexos	13
Glosario	14
Resumen	15
Abstract	16
1. Planteamiento del Problema	17
2. Justificación	18
3. Objetivos	19
3.1 Objetivo General	19
3.2 Objetivos Específicos	19
4. Antecedentes	20
5. Teórico	23
5.1 Drenaje Agrícola	23
5.2 Tubería o Drenes	24
5.3 Generalidades de la Guadua	25
5.4 Cosecha de la Guadua	28
5.5 Manejo Postcosecha de la Guadua	29
5.6 Afectaciones por Hongos e Insectos	30
5.7 Importancia Ambiental, Económica y Social	30
5.8 Materiales Isotrópicos y Anisotrópicos	31
5.9 Compresión Perpendicular a la Fibra	31
5.10 Contenido de Humedad	32
5.11 Esfuerzo Admisible	33
5.12 Módulo de Elasticidad	34
6. Metodología	36
6.1 Localización	36
6.2 Métodos	36
6.2.1 Etapa 1: Revisión Bibliográfica.....	36
6.2.2 Etapa 2: Caracterización de los Rodales.....	38

a) Localización de los Rodales.	38
b) Acceso.	38
c) Antecedentes de los Rodales.	39
d) Área.	39
e) Requisitos Específicos para la Caracterización	40
Tamaño y Forma de las Parcelas.	41
Caracterización del Rodal.	42
6.2.3 Etapa 3: Selección y Corte del Material	44
a) Marcación del Material para Corte.	44
b) Corte y Avinagrado.	45
c) Extracción del Material.	46
6.2.4 Etapa 4: Extracción de las Probetas.....	48
6.2.5 Etapa 5: Perforación de las Probetas	50
6.2.6 Etapa 6: Selección de las Probetas para Ensayo.....	53
6.2.7 Etapa 7: Ensayos Físico y Mecánicos.....	55
a) Determinación de la Resistencia a la Compresión Perpendicular a la Fibra.....	54
b) Contenido de Humedad	56
c) Módulo de Elasticidad Circunferencial	57
d) Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles.....	58
Valores Característicos.	58
Esfuerzos Admisibles.	59
6.2.8 Etapa 8: Análisis Estadístico	59
a) Análisis Estadístico Descriptivo.....	60
b) Análisis Estadístico Inferencial	60
Caracterización de las Variables.....	60
Análisis de Varianza Multifactorial (ANOVA).....	60
7. Resultados y Discusión.....	62
7.1 Caracterización de los Rodales y Análisis	62
7.2 Caracterización de los Culmos	64
7.3 Exclusión de Datos Atípicos	65
7.4 Caracterización de las Probetas y Análisis Descriptivo del Diámetro Externo, Espesor y Contenido de Humedad	66
7.5 Resistencia a Compresión Perpendicular a la Fibra y Análisis Inferencial y Comparativo	69

7.5.1 Análisis de Varianza Multifactorial	70
Prueba de Múltiples Rangos para Resistencia a Compresión	71
Efecto de las Interacciones	73
Contraste de Hipótesis	74
Normalidad	74
Homocedasticidad.....	75
Independencia de los Residuos	76
7.6 Análisis Descriptivo y Comparativo para el Módulo de Elasticidad y Esfuerzo Admisible	76
7.6.1 Módulo de Elasticidad.....	76
a) Inercia	77
b) Área	77
c) Pendiente	77
7.6.2 Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles	79
Valores Característicos	79
Esfuerzos Admisibles	80
7.7 Análisis de las Características Físicomecánicas y su Aplicación como Tubería de Drenaje Agrícola	82
8. Conclusiones	85
9. Recomendaciones	88
10. Referencias	89
Anexos	94

Lista de Tablas

Tabla 1 Rangos taxonómicos de la guadua	26
Tabla 2 Estados de madurez de la guadua	28
Tabla 3 Esfuerzos admisibles.....	33
Tabla 4 Político-administrativa, coordenadas geográficas y altura sobre el nivel del mar para los cuatro rodales	38
Tabla 5 Área levantada de los rodales	40
Tabla 6 Nomenclatura para niveles de factor, procedencia y sección	47
Tabla 7 Nomenclatura para la probeta A0125M.....	48
Tabla 8 Número posible de probetas de la sección media a ensayar	49
Tabla 9 Variable dependiente, niveles y factores de nivel.....	60
Tabla 10 Clasificación de las variables independientes por niveles de factor en MPa.....	61
Tabla 11 Estimaciones para el MAS de la caracterización de los rodales	63
Tabla 12 Estimación estadística para rebrotes	63
Tabla 13 Estimación para estado sano de los cuatro rodales	63
Tabla 14 Parámetros estadísticos para el diámetro a la altura del pecho (DAP)	64
Tabla 15 Promedio de longitud de entrenudos para la sección media para los cuatro rodales en cm.....	66
Tabla 16 Valores atípicos y variable de exclusión.....	65
Tabla 17 Longitud, diámetro externo y espesor promedio probetas sección media.....	66
Tabla 18 Análisis descriptivo para diámetro de la sección media	67
Tabla 19 Análisis descriptivo del espesor de pared para la sección media de los culmos.....	68
Tabla 20 Análisis descriptivo para contenido de humedad.....	68
Tabla 21 Datos de la probeta B0115M	69
Tabla 22 Porcentaje de humedad y esfuerzo último de probetas de la sección media en culmos de la zona B.....	70
Tabla 23 Análisis de varianza multifactorial de resistencia a compresión perpendicular a la fibra de la sección media de la guadua	71
Tabla 24 Prueba de múltiples rangos y análisis descriptivo para la resistencia a la compresión perpendicular por zona de procedencia.....	72
Tabla 25 Prueba de múltiples rangos y análisis descriptivo para la resistencia a la compresión perpendicular por tipo de perforación.....	73

Tabla 26 Geometría de la probeta B0115M, pendiente y módulo de elasticidad	76
Tabla 27 Análisis descriptivo MEC	78
Tabla 28 Valores característicos para las diferentes procedencias en relación a la perforación P.	80
Tabla 29 Valores característicos para las diferentes procedencias en relación a la perforación E	80
Tabla 30 Esfuerzo admisible a compresión perpendicular y compresión perpendicular con probetas perforadas del municipio de Pitalito.....	81

Lista de Figuras

Figura 1 Nivel freático alto y suelos con problemas de salinidad en el Valle del Cauca.	23
Figura 2 Dren a cielo abierto para drenaje superficial.....	24
Figura 3 Tubería de PVC para drenaje agrícola	25
Figura 4 Morfología de la guadua.....	27
Figura 5 Plano de isotropía (A) y dirección del esfuerzo máximo, ensayo a compresión perpendicular a la fibra (B).	32
Figura 6 Curva típica en el diagrama esfuerzo – deformación.	34
Figura 7 Localización del proyecto	37
Figura 8 Levantamiento planimétrico de los rodales.....	39
Figura 9 Delimitación de las parcelas.....	42
Figura 10 Afectación por insectos y hongos vistos en la guadua	42
Figura 11 Identificación de culmos hechos. Finca Villa Liliana.....	43
Figura 12 Medición del diámetro del culmo y distanciamiento entrenudo. Rodal Villa Liliana	43
Figura 13 Determinación del estado de madurez, calidad y estado fitosanitario de los individuos a aprovechar, predio El Limón.....	44
Figura 14 Marcación del material de corte. Predio Berlín La Esperanza.....	45
Figura 15 Corte de los individuos de estudio	46
Figura 16 Extracción del material de los rodales y corte por secciones de los culmos.....	47
Figura 17 Rotulado de las probetas.....	49
Figura 18 Obtección de las probetas y caracterización de las mismas, determinación diámetro externo, espesor y longitud	50
Figura 19 Proceso de perforado de probetas.....	51
Figura 20 Distribucción de las perforaciones en el modelo P.	52
Figura 21 Distribucción de las perforaciones en el modelo E.....	54
Figura 22 Probetas con daños mecánicos.	53
Figura 23 Ensayo destructivo de probeta, resistencia a la compresión perpendicular a la fibra.	54
Figura 24 Máquina AGS -100 KNX SHIMADZU.....	55
Figura 25 Obtención y pesaje de las muestras para determinación de contenido de humedad.	56

Figura 26 Secado de las muestras.....	57
Figura 27 Interacciones de la zona de procedencia, el tipo de procedencia, el tipo de perforación y la resistecia perpendicular a la fibra	74
Figura 28 Probabilidad normal de los residuos	74
Figura 29 Histograma de capacidad para los datos de resistencia de la sección media de la guadua.....	75
Figura 30 Gráfico de homocedasticidad	75
Figura 31 Independencia de los residuos	76
Figura 32 Comportamiento de la deformación en relación al tipo de perforación.....	79

Lista de Anexos

Anexo 1: Levantamiento planimétrico rodal Berlín La Esperanza, vereda Cálamo.	96
Anexo 2: Levantamiento planimétrico rodal Villa María, vereda Zanjones.	97
Anexo 3: Levantamiento planimétrico rodal El Limón, vereda Palmarito.	98
Anexo 4: Levantamiento planimétrico rodal Villa Liliana, vereda San Francisco.	99
Anexo 5: Diseño 3D tipo de perforación P.	100
Anexo 6: Diseño 3D tipo de perforación E.	101
Anexo 7: Caracterización parcela N° 1, predio Berlín La Esperanza, vereda Cálamo.	102
Anexo 8: Caracterización parcela N° 2, predio Berlín la esperanza, vereda Cálamo.	104
Anexo 9: Caracterización parcela N° 1, predio Villa María, vereda Zanjones.	107
Anexo 10: Caracterización parcela N° 2, predio Villa María, vereda Zanjones.	110
Anexo 11: Caracterización parcela N° 1, predio El Limón, vereda Palmarito.	113
Anexo 12: Caracterización parcela N° 2, predio El Limón, vereda Palmarito.	117
Anexo 13: Caracterización parcela N° 1, predio Villa Liliana, vereda San Francisco.	120
Anexo 14: Caracterización parcela N° 2, predio Villa Liliana, vereda San Francisco.	123
Anexo 15: Caracterización física de la sección media de los culmos aprovechados del rodal Berlín La Esperanza.	126
Anexo 16: Caracterización física de la sección media de los culmos aprovechados rodal Villa María.	126
Anexo 17: Caracterización física de la sección media de los culmos aprovechados rodal El Limón.	127
Anexo 18: Caracterización física de la sección media de los culmos aprovechados rodal Villa Liliana.	128
Anexo 19: Caracterización física de las 136 probetas ensayadas.	129
Anexo 20: Carga de falla de las probetas y esfuerzo último a compresión perpendicular, sección media de los cuatros rodales.	135

Glosario

Los siguientes términos y definiciones fueron tomados de la Norma Unificada en Guadua, Norma Ecuatoriana de la Construcción, NTC 5300, NTC 5726, NTC 5525 y NTC 5301.

Rodal: conjunto de culmos de guadua que pueblan cierta área diferenciándola de los colindantes. Masa boscosa que se da espontáneamente y con gran poder regenerativo.

Culmo: eje aéreo formado por nudos y entrenudos, el cual emerge del rizoma.

Fibra: células alargadas con extremos puntiagudos.

Entrenudo: porción del culmo comprendido entre dos nudos. Su longitud aumenta a lo largo del culmo.

Anisotropía: propiedades de ciertos materiales que permite que presenten características diferentes según la dirección que se considere.

Probeta: pieza de guadua que se usa para ensayos en los laboratorios con medidas específicas.

Guadua hecha: guadua con edad superior a 5 años, presenta tallo verde amarilloso con machas grisáceas arrosetadas, ausencia de hojas caulinares en la base.

Renuevo: nuevo individuo que emerge del suelo, cubierto de hojas caulinares, como producto de la propagación vegetativa.

Guadua joven: caracterizada por tallos verdes lustrosos con ramas, hojas y nudos de color blanco.

Parcela: unidad de muestreo dentro del rodal con área y forma definida.

Avinagrado: proceso de fermentación y deshidratación de la guadua en el rodal.

Muestra: número de parcelas que se evalúan para obtener una aproximación de las características del rodal en estudio.

Cepa: es la primera sección basal de la guadua.

Basa y sobrebasa: es la segunda sección basal o parte intermedia de la guadua.

Varillón: último segmento comercial de la guadua.

Rizoma: sistema radicular de la guadua.

Perforación: agujero que se hace a un cuerpo de dimensión específica

Resumen

El presente proyecto evaluó a través de un análisis de varianza multifactorial (ANOVA), la resistencia a compresión perpendicular a la fibra de la sección media de la guadua *Angustifolia Kunth*, modificada como tubería de drenaje agrícola, de acuerdo a dos modelos de perforación (P y E). Las 122 probetas ensayadas fueron extraídas de cuatro zonas del Municipio de Pitalito y contenían un porcentaje de humedad promedio de 139.49% para la perforación P y 142.55% para la E. El análisis de varianza multifactorial (ANOVA) realizado en relación a los dos factores (procedencia -perforación) permitió identificar que estos no tienen incidencias significativas sobre la resistencia a la compresión, con un *p-valúe* superior 0.05.

Los esfuerzos admisibles modificados por humedad, para ambas perforaciones fueron de 1.78 MPa y 1.30 MPa, respectivamente, superando los valores establecidos por la NSR-10. Finalmente, se determinó el módulo de elasticidad circunferencial de acuerdo a la metodología implementada por Torres et al. (2007) y López y Salcedo (2016).

Palabras claves: *Perforación, resistencia a la compresión perpendicular, módulo de elasticidad, rodales.*

Abstract

This research project assessed through a multifactorial analysis of variance (ANOVA) the perpendicular compression resistance to the fiber of the middle section of *guadua Angustifolia* Kunth, modified for agricultural drainage pipe according to two drilling models (P and E). The 122 tested specimens were extracted from four areas in Pitalito Municipality and they contained an average humidity percentage of 139.49% for P perforation and 142.55% for E. The multifactorial analysis of variance (ANOVA) developed to the two factors (origin-perforation) permitted to identify that they do not have significant incidence on compression resistance, with a p-value superior 0.05.

The admissible moisture-modified stresses for both perforations were of 1.78 MPa and 1.30 MPa, respectively, exceeding the values established by the NSR-10. Finally, it was determined the circumferential modulus of elasticity according to the methodology implemented by Torres et al, (2007) and López and Salcedo (2016)

Keywords: *Perforation, resistance to perpendicular compression, modulus of elasticity, stands.*

1. Planteamiento del Problema

En el municipio de Pitalito, tradicionalmente la guadua es utilizada para labores domésticas, tales como postes para cercos, cerramiento de animales, entre otras. Así mismo, la guadua es implementada para temas constructivos y artesanales. Pero, a pesar de sus considerables propiedades físico-mecánicas, su relevante papel ambiental y su belleza escénica, no representa una alternativa económica para los agricultores Laboyanos quienes desconocen estas características.

Por otro lado, las condiciones hidroclimatológicas del municipio, en conjunto con las características edáficas y topográficas de los terrenos agrícolas de la zona suburbana del Valle de Laboyos, propician la saturación de los suelos, disminuyendo la aireación y afectando la actividad biológica, los procesos fisiológicos y radiculares, repercutiendo en los rendimientos de los cultivos y produciendo pérdidas económicas para los campesinos (Ortega y Sagado, 2001). Lo anterior, hace necesario la implementación de estrategias ingenieriles en la adecuación de tierras, especialmente en los sistemas de drenaje, para la optimización de la producción y la mejora de la economía de los productores agrícolas.

El bambú desde tiempos remotos era utilizado como conductor de agua, de acuerdo con Meados (2010, como se citó en Cruz, 2019), en la Antigua Roma se creó un sistema de acueducto en bambú con más de 50 km de longitud, y desde hace 200 años los agricultores del Noroeste de la India utilizan un sistema de riego por goteo de bambú para irrigar sus cultivos. Esto permitió idear que la guadua también se puede convertir en un elemento que permita evacuar el exceso de agua en los suelos, por tal razón, se hace necesario conocer dentro de las múltiples propiedades mecánicas de la guadua, la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra y el módulo de elasticidad circunferencial.

En el municipio de Pitalito, López y Salcedo (2016), determinaron la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra de la guadua, obteniendo como resultado que el esfuerzo admisible a compresión perpendicular a la fibra, en probetas de 98.86% de humedad, es de 3.81 MPa, siendo este valor mayor al indicado por la Norma Sismo Resistente Colombiana. Lo anterior conlleva a formular la siguiente pregunta: ¿La resistencia a la compresión perpendicular a la fibra de la guadua *angustifolia* se verá afectada debido a las adaptaciones como tubería de drenaje agrícola?

2. Justificación

La necesidad de evacuar los excesos de agua en los terrenos agrícolas, permite la ejecución de proyectos de drenaje enfocados a propiciar un medio adecuado para el óptimo desarrollo de los cultivos, demandando recursos financieros elevados para la adecuación del terreno que muy difícilmente es suplida por los agricultores debido al alto costo de los materiales, particularmente la tubería. En contraste, la guadua se destaca por factores que inciden positivamente dentro de las múltiples aplicaciones del material, considerando de importancia que la adquisición de la guadua es económica y representa una alternativa integral para los agricultores, el impacto socio-cultural se liga y fortalece las tradiciones de la región, y los beneficios ambientales se enmarcan en la regulación del agua y la protección del suelo y la atmósfera.

Es por lo anterior que se fortalece la propuesta del uso de la guadua como tubería de drenaje agrícola, en consideración de las buenas propiedades físicomecánicas que harían factible el propósito de drenar terrenos agrícolas, la abundante presencia del material en la zona de estudio y las variadas investigaciones realizados en Colombia.

3. Objetivos

3.1 General

Determinar la resistencia a compresión perpendicular de la fibra y módulo de elasticidad circunferencial de la guadua (*Angustifolia Kunth*) para tubería de drenaje agrícola en el Municipio de Pitalito.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a compresión perpendicular a la fibra y módulo de elasticidad circunferencial de probetas de la sección media de la guadua (*Angustifolia Kunth*) de diferentes procedencias del municipio de Pitalito.
- Determinar el contenido de humedad de las probetas de guadua angustifolia de culmos de diferentes predios seleccionados para el estudio.
- Comparar los resultados de resistencia a compresión perpendicular a la fibra de probetas de guadua de las diferentes procedencias y tipo de perforación mediante análisis estadístico.

4. Antecedentes

Según Londoño (2011), la guadua *angustifolia* ha sido altamente utilizada en Colombia desde épocas precolombinas por comunidades indígenas y campesinas. Esta ha sido usada en la construcción de puentes, como conductores de agua, balsas, armas, jaulas para prisioneros, tumbas, atalayas, entre otras (Salas Delgado, 2006).

Como conductores de agua, Meados (2010, como se citó en Cruz, 2019) indica, que en la Antigua Roma se construyó un sistema acueducto desde Uzés a Nimes en Francia, en bambú de diámetro de 10 a 20 cm, con una longitud de 50 km y una caída total de 17 metros. Así mismo, en el noroeste de la India desde hace 200 años se utiliza un sistema de riego por goteo, basado en una línea principal y regulado a través de una compleja red de bambú con canales secundarios y terciarios que llegan a los cultivos (Ravindra, s.f., como se citó en Cruz, 2019).

En lo que se refiere a drenaje, se reporta desde 1833 el uso de teja de barro como canal subterráneo en Inglaterra. Siendo así, que para el año 1843, se inicia la fabricación mecánica de tejas planas y cilíndricas, lográndose drenar alrededor de 550.000 hectáreas para el año de 1852. En los años 40 del siglo XX surgen los drenes de plástico, concibiéndose como una técnica costosa y no competitiva respecto a los drenes de barro. Pero con el transcurrir de las investigaciones y modificaciones en la técnica, el cloruro de polivinilo (PVC) empieza a preponderarse y desplaza al barro, comercializándose inicialmente como tubos lisos, y en la actualidad en forma de anillos o tubería corrugada, buscando en el transcurrir de la tecnología materiales plásticos más durables, resistentes y flexibles (Cisneros Almazán, 2003).

En cuanto al uso de la guadua como tubería de drenaje no se reporta literatura, sin embargo, en el año 2011, Rivera Posada publicó un artículo titulado “Sistemas de drenaje con filtros vivos para la estabilización y restauración de movimientos masales en zonas de ladera”, sugiriendo a la guadua como un material fácil de obtener, reconociendo su rápida reproducción vegetativa, su formación recta, su destacable comportamiento a flexión, su peso liviano y la versatilidad para ser manejada y adecuarse en capas superpuestas ubicadas dentro de un sistema de drenaje abierto o zanja, en sentido de la pendiente y así evacuar aguas subsuperficiales en suelos altamente saturados.

A nivel constructivo, en la época de la colonización de la región occidental de Colombia, la guadua fue ampliamente utilizada en el eje cafetero durante los siglos XVIII y XIX para las construcciones en bahareque, durante el siglo XX se implementó el relleno de los entrenudos con concreto y la utilización de piezas metálicas para el incremento de su resistencia (Londoño, 2011).

Actualmente, la guadua es considerada el acero vegetal por sus características físicomecánicas y el buen desempeño de la misma en los diferentes campos de uso. En el departamento del Huila, especialmente en la zona sur donde las condiciones climáticas y geográficas la hacen idónea para su desarrollo, se enmarca su uso en actividades económicas como la comercialización, la construcción, las artesanías e industria (Sánchez y Cortés, 2016).

Osorio et al. (2009), indican que la guadua es conocida por su anisotropía, donde se distingue las direcciones perpendiculares o paralelas de las fibras que la componen. Por nombrar algunas investigaciones realizadas a compresión paralela, resistencia a la tensión paralela, resistencia a la flexión, al corte y tracción, González (2006), Pacheco (2006), Ávila y Rendón (2012), Ramírez (2019). En el municipio de Pitalito, Capera y Erazo (2012), Alarcón y Olarte (2013), Sapuyes y Osorio (2018).

Sobre el comportamiento de la guadua ante sollicitaciones a compresión perpendicular de la sección media de la guadua, a nivel Nacional, se documenta el proyecto “Validación de la Guadua angustifolia como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles” de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá (MADRC), donde se realizó el ensayo a 154 probetas de 17 cm de longitud, de las secciones inferior, media y superior de culmos de guadua provenientes de tres zonas del país (Quindío, Cundinamarca y Valle del Cauca). Para el caso en específico de la sección media de la guadua, evaluaron un total de 51 probetas, con un valor de resistencia a compresión perpendicular promedio y módulo de elasticidad circunferencial de 5.71 MPa y 479.74 MPa, y valores de esfuerzo admisible de 1.19 MPa para Quindío, Cundinamarca de 0.46 MPa y 0.23 MPa en el Valle del Cauca.

Por otro lado, Ardila Pinilla (2013) realizó la determinación de esfuerzos admisibles del bambú de guadua, investigación complementaria al proyecto MADRC de la Universidad Nacional sede Bogotá, en lo que refiere a resistencia última a compresión perpendicular a la fibra ensayaron 74 probetas, 28 de la sección media pertenecientes a cuatro municipios del departamento del Tolima, con un promedio de 4.08 MPa y un esfuerzo admisible para la sección media de 1 MPa.

En el municipio de Pitalito, López y Salcedo (2016) determinaron la resistencia a la compresión perpendicular y el módulo de elasticidad de la guadua, donde se evaluaron 112 probetas provenientes de cuatro zonas del municipio, de las cuales 46 pertenecieron a la sección media de los culmos. Esta investigación, arrojó una resistencia última a compresión de 7.74 MPa, esfuerzos admisibles de 1.0 MPa y 1.76 MPa para probetas con humedad 113.51% (SB) y 98.86% (SA). Finalmente, el módulo de elasticidad circunferencial para las cuatro zonas y las tres secciones fue de 608.07 MPa y 203.11 MPa, para las humedades SA y SB, respectivamente.

En el año 2019, Ramírez Gálvez realizó el análisis de las propiedades mecánicas de la guadua expuestas o no a rayos UV mediante técnicas estadísticas, realizada a 12 muestras de guadua de todas las secciones, provenientes del departamento del Quindío. Para el caso de la resistencia a compresión perpendicular, en muestras expuestas a rayos UV fue de 15.20 MPa y 14.23 MPa para muestras no expuestas, así mismo, el módulo de elasticidad circunferencial fue 998.43 MPa y 889.03 MPa, respectivamente.

5. Marco Teórico

5.1 Drenaje Agrícola

El drenaje en zonas agrícolas presenta dos objetivos, el primero es la eliminación del exceso de agua en los suelos con el fin de garantizar condiciones adecuadas para la producción agrícola. El segundo objetivo, es reducir la salinización o acidificación de los suelos (Ortegón, 2004; Namuche et al., 2019) (ver figura 1). El drenaje adecuado de suelos trae múltiples beneficios a la producción agrícola. De acuerdo con Ortegón (2004) el drenaje aumenta la aireación, mejora la estructura del suelo, proporciona a las plantas mayor humedad aprovechable y nutrientes, incrementa la actividad microbiológica y el lavado de sales, permitiendo de este modo el aumento de la productividad de los cultivos.

Figura 1

Nivel freático alto y suelos con problemas de salinidad en el Valle del Cauca.



Existen dos tipos de drenaje, el drenaje superficial y subterráneo. Según Ortega y Sagado (2001) el drenaje superficial se entiende como la remoción de los excesos de agua acumulada sobre la superficie del terreno, esto a causa de precipitaciones intensas y frecuentes, topografía plana y suelos poco permeables. En este tipo de drenaje se usan los drenes abiertos o zanjas y su disposición depende de la topografía (ver figura 2). Por otro lado, en el drenaje

subsuperficial se presenta una napa freática permanente o que fluctúa y que se encuentra a una profundidad que restringen el desarrollo radicular de las plantas (Cisneros Almazán, 2003).

Figura 2

Dren a cielo abierto para drenaje superficial.



Nota. Fotografía izquierda: dren a cielo abierto, ingenio Incauca. Fotografía derecha: drenaje superficial en cultivo de café vereda Cabuyal del Cedro-Pitalito, Huila.

Para la identificación de problemas de drenaje, es importante hacer un estudio de suelos, análisis de la precipitación de la zona, de aguas superficiales y subterráneas y esbozar las características del cultivo a implementar (Cruz, 1995).

5.2 Tubería o drenes

Este tipo de drenes se utiliza para el drenaje subterráneo, de acuerdo con Cisneros Almazán (2003), estos drenes pueden ser de barro o de arcilla, pero actualmente, los más utilizados son los de cloruro de polivinilo (PVC), por su eficacia hidráulica, manejabilidad, flexibilidad y resistencia (ver figura 3).

En Colombia, la tubería de drenaje de policloruro de vinilo rígido (PVC-U) es fabricada por extrusión, pueden ser tubos lisos o corrugados, circulares y con aperturas o perforaciones para permitir la entrada de agua (NTC 6820).

Figura 3

Tubería de PVC para drenaje agrícola.



Nota. Tomado de la Tubería para Drenaje: PAVCO, por Todo para Ferreterías.

Las perforaciones de la tubería de drenaje pueden ser tipo ranura o tipo circular, dependiendo de los parámetros de diseño, condiciones de instalación y propósito del drenaje (Durman, 2010). Según la NTC 6820, las dimensiones de las ranuras, para tubos corrugados es 8 mm de ancho, y 1.2 mm para tubería lisa.

5.3 Generalidades de la Guadua

Según Londoño (1990), la guadua pertenece a la familia Poacea-graminea y específicamente a la subfamilia Bambusoideae. Es una gramínea bastante compleja debido a su tipo de estructura vegetativa, misma que puede ser herbácea o leñosa de acuerdo a su culmo. La guadua es endémica de América tropical, distribuida desde México hasta Argentina, la cual se puede encontrar en rango de 0 m.s.n.m. hasta los 2200 m.s.n.m. (Moreno et al., 2006).

El código Internacional de Nomenclatura Botánica establece 14 rangos taxonómicos para la guadua (Uribe y Duran, 2002), como se observa en la tabla 1, donde se establece que el nombre científico es *Guadua Angustifolia Kunth*. La guadua *A. Kunth* es la especie nativa más importante de Colombia, distribuida a lo largo de la cordillera central y la zona céntrica del país, exactamente en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Huila, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y Tolima (López y Salcedo, 2016).

Tabla 1*Rangos taxonómicos de la guadua.*

Rangos Taxonómicos de la Guadua	
Reino	Vegetal
División	Spermatofitas
Subdivisión	Angiospermas
Orden	Glumiflorales
Clase	Monocotiledóneas
Familia	Poaceae
Subfamilia	Bambusoideae
Supertribu	Bambusodae
Tribu	Bambuseae
Subtribu	Guandinae
Género	Guadua
Especie	Angustifolia Kunth
Nombre científico	Guadua Angustifolia Kunth (Bambusa guadua H et B)

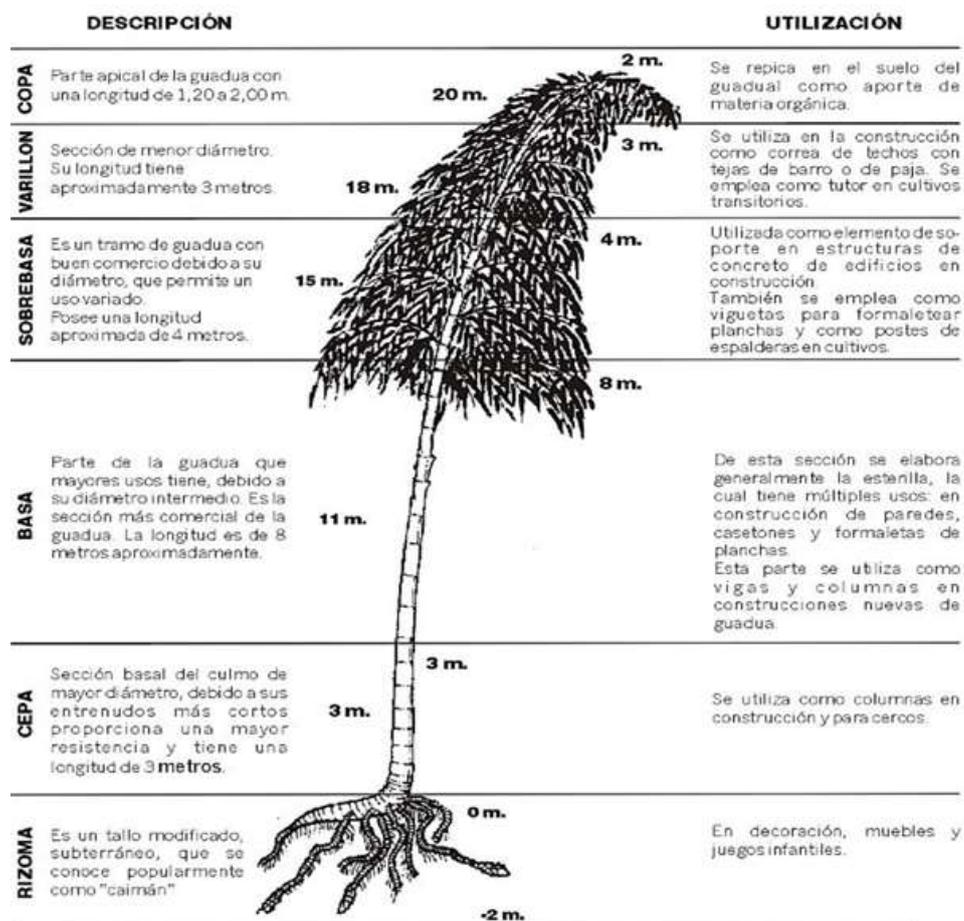
Nota. Adaptado de *Rangos taxonómicos de la guadua*, de M. Uribe y A. Durán, (2002).

A nivel morfológico, la guadua consta de 5 partes; raíz, tallo, hojas, flores y frutos, siendo el tallo, la parte más utilizada para diferentes aplicaciones que van desde lo artesanal hasta lo estructural. Según Moreno et al. (2006) del ápice del rizoma se origina el culmo, el cual una vez brota del suelo, lo hace cubierto de hojas y con el diámetro que tendrá de por vida, en un rango de tiempo entre 4 a 6 meses para desarrollar su altura definitiva. El culmo de esta especie es la porción más útil, el cual consta de cuello, nudos y entrenudos, que en conjunto con una pared maciza dan al tallo excelentes propiedades mecánicas (Londoño, 2002).

Por otro lado, Ramos y Torres (2018) indican que la guadua es una de las especies de bambú más grande y con una morfología diversa, en cuyo culmo, longitudinalmente se puede distinguir la cepa, basa, sobrebasa, varillón y copa, tal y se cómo ilustra en la figura 4 y su uso va muy ligado a su estado de madurez (ver tabla 2).

Figura 4

Morfología de la guadua.



Nota. Tomado de la guadua, acero vegetal y prodigio de la naturaleza: Civilgeeks.Com, por L. A. Cely, 2011.

En términos de anatomía, Moreno et al. (2006) indica que la guadua se compone de materiales de celulosa reforzada con sílice. Por otro lado, Londoño (2002) expresa que los bambúes carecen de tejido de cambium y por eso no presentan crecimiento secundario o incremento en diámetro. En general, el culmo está constituido por corteza, células de parénquima, fibras y haces vasculares (Zaragoza et al., 2014).

Tabla 2*Estados de madurez de la guadua.*

Estado de madurez	Descripción	Utilización
Renuevo	A los 6 meses de emerger del suelo, alcanza su altura máxima, bota sus hojas caulinares y da paso a las ramas apicales (Perea et al., 2003).	Según Londoño (2002), en América no se registra uso, pero en los países asiáticos, se reporta su uso para consumo humano, fabricación de vinos y cerveza.
Joven	Este estado dura alrededor de un año y medio, el tallo es de color verde intenso, con ramas y conserva algunas hojas caulinares (Perea et al., 2003).	Se usan para la fabricación de artesanías (Londoño, 2002).
Madura o hecha	De acuerdo con NT 5300 y Perea et al. (2003), esta fase dura de 2 a 4 años, el tallo presenta color verde-blaquecino, con manchas blancas en forma de plaquetas, musgo en los entrenudos y nudos, sin presencia de hojas caulinares.	Su uso es más amplio. Se utiliza para la construcción, sector agropecuario, artesanías, muebles, pulpa para papel, etc.
Sobremaduro	El tallo presente color verde amarillento, con presencia de muchas manchas grisáceas (Viafara, 2013).	Material de combustión.

5.4 Cosecha de Guadua

La Norma Técnica Colombiana denominada Cosecha y Postcosecha del culmo de guadua *Angustifolia Kunth* o NTC 5300 define el proceso de cosecha como todas las acciones destinadas para el aprovechamiento y mantenimiento del rodal hasta la obtención de los culmos.

Dentro de los requisitos específicos descritos en la norma a realizar previo al corte, se establecen como sigue:

- Desganche: definido por Grajales López (2014) como el proceso de eliminación de las riendas y los gachos que se desprenden de los culmos de guadua.
- Socola: según la NTC 5300 es la eliminación de la vegetación herbácea, bejucos, lianas, etc. Todo esto para facilitar la circulación dentro del rodal.
- Selección y marcación: en el proceso de selección la NTC 5300 establece requisitos relacionados con el estado de madurez de la guadua, estado fitosanitario y estado físico. De esta forma, la norma manifiesta que se deben aprovechar culmos maduros, sanos y sin daños físico- mecánicos.
- Corte: la Norma Unificada en Guadua indica que este se debe hacer a ras del primer o segundo nudo más próximo al suelo y así evitar el empozamiento de agua. De acuerdo con la tradición, la guadua se debe cosechar entre el primer y tercer día de menguante, entre las 12 de la noche y las 6 de mañana (Perea et al., 2003).

5.5 Manejo Postcosecha de la Guadua

La Norma Técnica Colombiana para el proceso de cosecha y postcosecha de culmos de guadua (NTC 5300), define el proceso de postcosecha de la guadua como la etapa posterior a la cosecha, involucrando procesos de acondicionamiento y adecuación de los culmos aprovechados, acciones previas a su utilización como materia prima.

De conformidad con la misma norma, el proceso de postcosecha enmarca prácticas que buscan evitar el deterioro o daños mecánicos de los culmos aprovechados, realizando procesos de manipulación de manera adecuada, curado, preservación y secado, así como la clasificación, el transporte de piezas y el almacenamiento.

Así mismo, esta norma hace referencia a que, desde el momento del corte los culmos deben manejarse de tal forma que se evite el deterioro de los mismos con golpes. Recomienda que en el proceso de transporte se evite los arrumes superiores a 2.40 metros con el objeto de evitar el aplastamiento y en el proceso de almacenamiento, se ubiquen los culmos aprovechados en zonas donde el aire circule libremente, estén protegidos de la radiación directa del sol y de la humedad.

Para la presente investigación, el proceso de preservación en referencia a la Norma Técnica Colombiana Preservación y secado del culmo de guadua *Angustifolia Kunth* (NTC

5301), fue el tratamiento natural, el cual se acompañó con el avinagrado e inmersión en agua, consistiendo el primero en dejar la guadua cortada en el rodal bajo sombra por al menos dos semanas. Por otro lado, el tratamiento de inmersión en agua consiste en sumergir en agua dulce o salina durante al menos 15 días la guadua.

5.6 Afectaciones por Hongos e Insectos

La guadua por ser un material natural está constantemente expuesto a factores ambientales y biológicos que causan afectaciones en la misma. A nivel biológico, el ataque de insectos y hongos, durante el crecimiento como postcorte, afecta la durabilidad de la guadua. Según Ardila y Garzón (2017), la guadua es susceptible a hongos con una humedad superior al 18%, y, gusanos y termitas con 12 y 18%. Hidalgo (1976, como se citó en De la rosa y Vargas, 2019), indica que los insectos como la *Estigmina Chinensis*, *Cyrtotrachelus Longipes* y la larva de *Aprathea Vulgaris* atacan los tallos durante el crecimiento provocando que estos sean torcidos, delgados y con poca resistencia. Por otro lado, *Pilifrons*, *Bostrichus Parallellus* y *Stromatium Barabatum* atacan tallos ya cortados, generando perforaciones en estos.

5.7 Importancia Ambiental, Económico y Social

Son múltiples los beneficios a nivel ambiental, económico y social que esta planta le brinda a la sociedad. De acuerdo con Uribe Fandiño (1999) la guadua es conservacionista, porque protege el suelo y el agua. Es ecológica, porque regula la cantidad y la calidad del agua. Es económica porque su explotación racional produce dividendos en volumen por hectárea. Es cultura, porque es utilizada en una amplia gama de artefactos y utensilios. Es artesanal porque la forma, flexibilidad, dureza y resistencia son explotadas para la fabricación de artesanías. Es arquitectónica por el uso en viviendas, agro industrial porque se extrae alcohol e instrumentos musicales, y es nutritiva porque sus brotes tiernos son ricos en proteínas.

Así mismo, Salas Delgado (2006) indican que la importancia de la guadua radica en su sistema entretejido de rizomas y raíces que actúan como muro biológico de contención, permitiendo el control de la socavación lateral y la erosión de los suelos. Además, actúa como bomba de almacenamiento y contribuye a la conservación y mejoramiento de la calidad del

aire debido a que la cantidad de aire que produce es superior a la generada por cualquier sistema forestal sobre un mismo terreno (Pacheco Puentes, 2006).

A nivel social y cultural la guadua ha jugado un importante papel. En el 2006, Salas Delgado indicó que la guadua fue la principal madera de las tribus agrupadas, ya que hizo parte de la construcción de ciudades y pueblos en el periodo prehispánico implementada en el bahareque. Con la guadua se han construido puentes, escaleras, balsas, recipientes para líquidos, conductores de agua, armas, postes y plazas ceremoniales, jaulas para prisioneros, tumbas, palenques, atalayas, e instrumentos musicales.

5.8 Materiales Isotrópicos y Anisotrópicos

De acuerdo a López Muñoz (2008), en los materiales isotrópicos las propiedades mecánicas son iguales independientemente de la dirección en la cual se midan, y se caracteriza mediante dos constantes elásticas (Módulo de Young y el Coeficiente de Poisson). Por otro lado, en los materiales anisotrópicos, como lo es la guadua, su comportamiento es diferente para las diversas direcciones en las que se evalúen las propiedades.

Torres et al. (2007) describe la guadua como un material transversalmente isotrópico, caracterizada por cinco constantes elásticas en las direcciones axial, perpendicular, transversal, radial y circunferencial (ver figura 5-A). De esta forma, las propiedades de la guadua en relación al plano axial y perpendicular son anisotrópicas, y en las direcciones radial y circunferencial las propiedades son las mismas (Giraldo Apolinar, 2011).

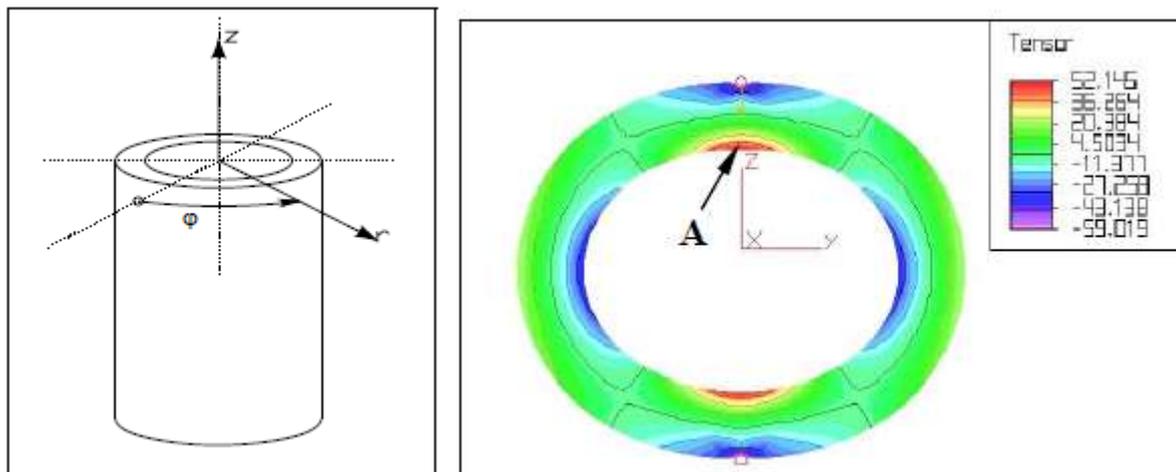
5.9 Compresión Perpendicular a la Fibra

Sánchez et al. (2018), define a la compresión perpendicular a la fibra como aquel ensayo en el que a un cuerpo de dimensiones conocidas se le aplica una fuerza, y en el proceso se mide la resistencia máxima que este presenta a la deformación. Por su parte, Torres et al. (2007) señalan que, a razón de la ausencia de refuerzo de fibra, las propiedades mecánicas en dirección transversal de la guadua, compresión y tensión perpendicular a la fibra, son bajas en comparación con las propiedades mecánicas en dirección axial, compresión y tensión paralela a la fibra, que si contienen un refuerzo de fibra.

El modelo de elementos finitos realizado por Torres et al. (2007), el cual se ilustra en la figura 5-B, evidencia que, en un ensayo a compresión perpendicular, la tensión máxima se encuentra en la dirección circunferencial, en la superficie interior, debajo de la fuerza compresiva aplicada, independientemente de la relación radio/ espesor.

Figura 5

Plano de isotropía (A) y dirección del esfuerzo máximo, ensayo a compresión perpendicular a la fibra (B).



Nota. Tomado de A transversely isotropic law for the determination of the circumferential Young's Modulus of Bamboo with diametric compression tests (p.37), por Torres et al., 2007, *Latin American Applied Research*. A-figura derecha y B-figura de la izquierda.

En construcción, el esfuerzo de compresión perpendicular se debe tener en cuenta para las zonas de apoyo de las vigas, puesto que la reacción se debe transmitir sin que la guadua sufra aplastamiento o deformaciones importantes, y brinde solidez a la estructura sin dificultad.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) en el Capítulo G.12 “Estructuras de guadua” presenta los esfuerzos admisibles para el diseño de elementos solicitados a compresión perpendicular con un valor de 1.4 MPa.

5.10 Contenido de Humedad

Según Gutiérrez y Takeuchi (2014), se encontró que la resistencia mecánica del material ante diferentes solicitaciones de carga disminuye a medida que el contenido de humedad aumenta.

Para la determinación del contenido de humedad, el procedimiento descrito por la NTC 5525, consiste en primera medida, en calcular la pérdida de peso que ocurre cuando se elimina el agua contenida en la superficie y el interior de la guadua. Para tal fin, es necesario tomar una muestra de cada probeta después de cada ensayo mecánico, y debe ser pesada en una balanza digital con precisión de 0.01 g, para obtener su peso inicial. Posterior a ello, las muestras son secadas al horno con una temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 24 horas. Trascorrido ese tiempo las muestras deben pesarse cada 2 horas hasta lograr un valor de estabilidad, denominado peso final.

La relación de operaciones con los valores conseguidos a partir de las muestras, generan el dato numérico del contenido de humedad en términos de porcentaje.

5.11 Esfuerzo Admisible

Pytel y Singer (1994) señalan que el esfuerzo admisible, es el máximo al que puede ser sometido el material, con un cierto grado de seguridad en la estructura o elemento que se considere.

En justificación a lo señalado anteriormente, El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) en su Título G-Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua, manifiesta que en lo que refiere a esfuerzos admisibles para el diseño de elementos estructurales de guadua que cumpla con los requisitos de calidad, se deben traer a mención los esfuerzos de flexión, tracción, compresión paralela, compresión perpendicular y corte (ver tabla 3). Es de anotar, que el esfuerzo admisible a compresión perpendicular está calculado para entrenudos rellenos de mortero.

Tabla 3

Esfuerzos admisibles.

Flexión (F_b)	Tracción (F_t)	Compresión Paralela (F_c)	Compresión Perpendicular (F_b)	Corte (F_v)
15 MPa	18 MPa	14 MPa	1.4 MPa	1.2 MPa

Nota. Adaptado de la NSR 10, título G - “Estructuras de madera y estructura de guadua”. (p.G-109).

5.12 Módulo de Elasticidad

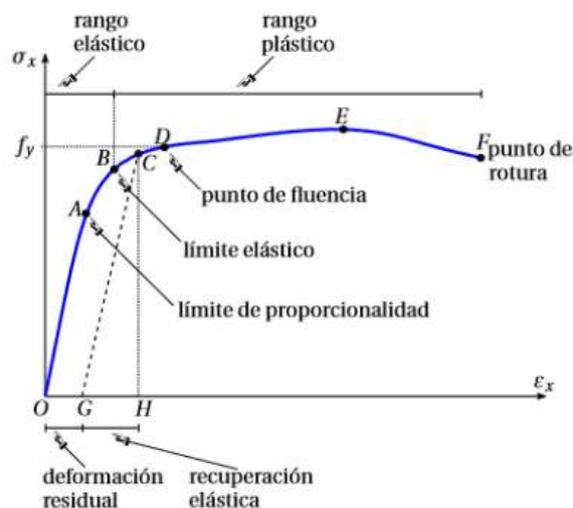
El módulo de elasticidad es la razón entre el esfuerzo y la deformación unitaria en una dirección determinada (Martínez y Azuaga, 1997). Según Carvajal y González (2012), fue el físico y médico inglés Thomas Young el precursor de este parámetro, y por esta misma razón, se conocía como el módulo de Young (E), y hoy día, se denomina módulo de elasticidad, haciendo referencia a una propiedad mecánica particular de cada material que indica la rigidez del mismo, es decir su resistencia a deformarse elásticamente, y, a su vez permite determinar la deformación que este presentará al someterse a esfuerzos.

La intrínseca relación entre las fuerzas externas que se le aplican al material sólido y las fuerzas internas que se producen en las partículas que lo componen, se pueden analizar gráficamente en la figura 6.

Álvarez (2018, como se citó en Giraldo y Delgado, 2019), define las interacciones de los elementos presentados en la figura 6, de la siguiente forma: el desplazamiento del punto O hasta el punto B está sujeto a la aplicación de cargas a tracción; y si en el proceso de regresión el material sigue la misma trayectoria en la curva hasta el punto O , se considera que el mismo tiene un comportamiento elástico. Debe apreciarse que la curva desde el punto O al B no necesariamente debe ser lineal para que el material sea elástico, pero se recalca el tramo O - A en el que existe una proporcionalidad entre los esfuerzos y las deformaciones, definiéndose el lapso de tramo con un comportamiento elástico lineal.

Figura 6

Curva típica en el diagrama esfuerzo – deformación.



Nota. Tomado de Giraldo y Delgado (2019) (p.12), Todos los derechos reservados [2018] por Álvarez, Diego. *Mecánica de sólidos*.

Si el aumento de la carga permite alcanzar el punto C, al remover la carga el material seguirá la trayectoria de regresión CG del diagrama, causando una deformación permanente en el material y que en el gráfico se puede apreciar por la línea OG denotándose como deformación residual. La deformación total está dada por la línea OH, y la recuperación elástica del material se muestra en el tramo GH. Es importante mencionar que cualquier punto situado sobre la curva esfuerzo-deformación después del punto B, nos indica que el material estará sujeto a comportamiento plástico. El punto D, también llamado punto de fluencia, hace mención a la deformación del material sin aumento apreciable de la carga a la que se somete.

En la guadua, para determinar el módulo de elasticidad circunferencial a compresión perpendicular, se hace uso de la fórmula desarrollada por Roark and Young (1975) para materiales isotrópicos y modificada por Torres et al. (2007), al concluir tras una investigación que la relación radio/espesor es mayor a 4.3, por tanto, la contribución de la elasticidad transversal es menor al 5% de la deflexión total, suprimiendo el tercer término que hace referencia a la elasticidad transversal, por lo que, el cálculo de la pendiente de una curva experimental fuerza – deflexión permite la determinación del módulo (Torres et al.,2007).

$$V_{\varphi} = \left(\frac{\pi PR}{4E_{\varphi}A} + \frac{PR^3}{E_{\varphi}I} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) \right) + \frac{\pi PR}{4G_{\varphi r}A_s} \quad (1)$$

$$E_{\varphi} = \left(\frac{\pi R}{4A} + \frac{R^3}{I} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) \right) * S \quad (2)$$

En la anterior fórmula, “A” hace referencia al área de la sección transversal bajo flexión, “I” es el momento de inercia del área “A”. Las unidades del módulo de elasticidad vienen dadas por la razón entre las unidades del esfuerzo con las de la deformación, y normalmente se maneja en N/m^2 , denominado a la medida Pascal, Megapascal(MPa) o Gigapascal (GPa).

6. Metodología

6.1 Localización

La presente investigación se realizó en el municipio de Pitalito, ubicado al sur del departamento del Huila, con una altitud de 1328 msnm y una temperatura promedio de 19.5°C, específicamente en las veredas San Francisco, Zanjones, Palmarito y Cálamo. Los ensayos se llevaron a cabo en la ciudad de Neiva ubicada a 188 km de la ciudad de Pitalito, en la sede de la Universidad Surcolombiana, Laboratorio de Estructuras, Facultad de Ingeniería. En la figura 7 se observa la localización en el municipio de Pitalito de los cuatro rodales trabajados.

6.2 Métodos

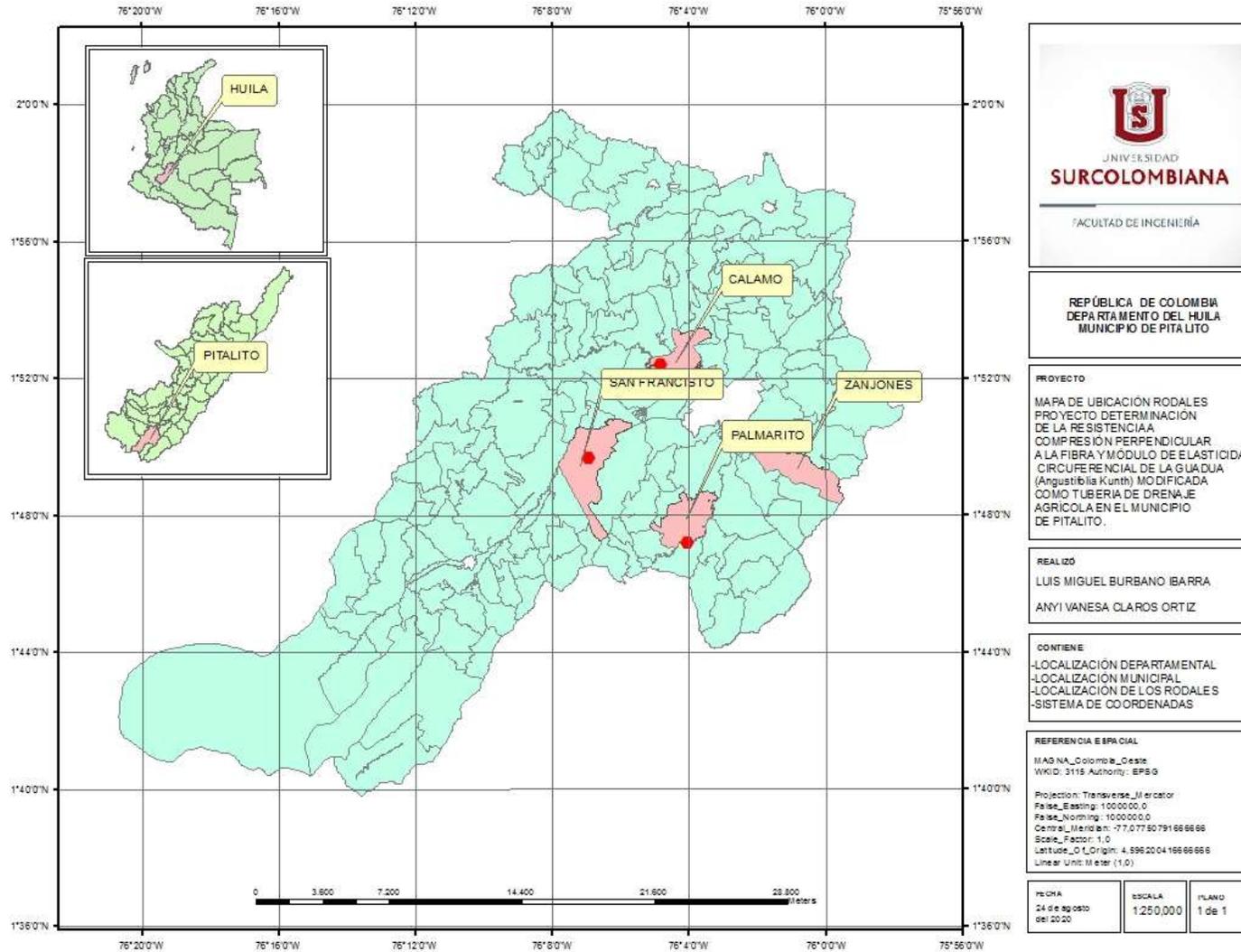
Para la ejecución de los ensayos y pruebas de las probetas de la sección media, el presente proyecto siguió los lineamientos de la tesis Resistencia a Compresión Perpendicular y Determinación del Módulo de Elasticidad Circunferencial de la *Guadua Angustifolia Kunth* del Municipio De Pitalito elaborada por López y Salcedo (2016), y para los fines de la investigación se establecieron las siguientes etapas:

6.2.1 Etapa 1: Revisión Bibliográfica

- Manejo silvicultural de la Guadua (*Angustifolia Kunth*).
- Propiedades físicas de la guadua: contenido de humedad.
- Propiedades mecánicas: resistencia a compresión perpendicular a la fibra.
- Trabajo de grado: Resistencia a compresión perpendicular y determinación del módulo de elasticidad circunferencial de la guadua angustifolia kunth del municipio de Pitalito.
- Normas Técnicas Colombianas (NTC 5525, 5726, 5300, 5301 y 6028).

Figura 7

Localización del proyecto.



6.2.2 Etapa 2: Caracterización de los Rodales

En esta etapa se hizo uso de los lineamientos establecidos en la NTC 5726, en donde se esbozan características particulares de los rodales trabajados, como se describe a continuación:

a) Localización de los Rodales. Como ya se expuso, los rodales trabajados en la presente investigación están ubicados en cuatro veredas diferentes del municipio de Pitalito, donde la autoridad ambiental competente es la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) Seccional Sur. En la tabla 4 se evidencia la ubicación político administrativa, la altura sobre el nivel del mar y las coordenadas geográficas de los mismos.

Tabla 4

Político-administrativa, coordenadas geográficas y altura sobre el nivel del mar para los cuatros rodales.

Predio	Vereda	Municipio	Departamento	Coordenadas Geográficas	Altura (msnm)
Berlín La Esperanza	Cálamo	Pitalito	Huila	-76.08386W, 1.87575N	1292
Villa María	Zanjones	Pitalito	Huila	-76.03239W, 1.84022N	1279
El Limón	Palmarito	Pitalito	Huila	-76.06735W, 1.78705N	1315
Villa Liliana	San Francisco	Pitalito	Huila	-76.11926W, 1.83081N	1329

b) Acceso. La visita de campo realizada a cada rodal, permitió identificar y establecer rutas de acceso para la recolección de información y a su vez la extracción del material vegetal objeto de investigación, haciendo uso de caminos reales, caminos de herradura y carreteables.

c) Antecedentes de los Rodales. Esta información se obtuvo con el apoyo de los propietarios de los terrenos donde se ubican los rodales, identificando que en los rodales Villa Liliana y Berlín La Esperanza, ubicados en las veredas de San Francisco y Cálamo, respectivamente, se han realizado aprovechamientos de tipo doméstico, sin un manejo sostenible.

Por otro lado, en los rodales Villa María y El Limón existen cuatro investigaciones que documentan el aprovechamiento del material vegetal, elaboradas por Capera y Erazo (2012), Alarcón y Olarte (2013), López y Salcedo (2016) y Sapuyes y Osorio (2017).

d) Área. Una vez culminadas las visitas de reconocimiento de los rodales, se procede al levantamiento de coordenadas planas con el objeto de obtener el área y la delimitación de cada uno de los rodales (ver figura 8).

Figura 8

Levantamiento planimétrico de los rodales.



En la tabla 5 se evidencia el área en metros cuadrados de cada rodal.

Tabla 5*Área levantada de los rodales.*

Rodal	Área (m²)
Berlín La Esperanza	1396.29
Villa María	9318.50
El Limón	16134.26
Villa Liliana	3391.96

De los anexos 1 al 4 se presentan los planos del levantamiento planimétrico realizado a los rodales Berlín La Esperanza, Villa María, El Limón y Villa Liliana.

e) Requisitos Específicos para la Caracterización. En este punto, se determinó el tamaño de la muestra, el tipo de muestreo, el tamaño y forma de las parcelas, tal y como indica la NTC 5726.

Tamaño de la Muestra. El tipo de muestreo utilizado para determinar el tamaño de la muestra es el muestreo aleatorio simple (MAS); seleccionando de manera aleatoria las unidades de parcelas, tal y como lo establece la Resolución 1740 de 2016, donde se indica que, para realizar el inventario forestal de rodales con área entre 1 y 3 hectáreas, se debe utilizar el MAS.

La fórmula para calcular el tamaño de la muestra es:

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}} \quad (3)$$

Siendo;

$$n_o = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{e} \right)^2 \quad (4)$$

En dónde;

n : Tamaño de la muestra (número de parcelas).

N : Tamaño de la población o número total de parcelas posibles.

σ^2 : Varianza poblacional ($P*Q$).

Q : Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado (50%).

P : Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (50%).

e : Error muestral deseado (10%)

$Z_{\alpha/2}$: Numero de desviación estándar en la distribución normal que deja una región deseada (nivel de confiabilidad al 95% 1.96).

Se presenta a continuación una muestra de cálculo para la determinación del tamaño de la muestra.

$$n_o = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5}{(0.1)^2} = 96.04$$

$$n = \frac{96.04}{1 + \frac{96.04}{2}} = 1.959 \approx 2$$

Debido a que el tamaño de la muestra es de dos parcelas, la presente investigación hace uso dos parcelas por rodal para la caracterización de los predios.

Tamaño y Forma de Parcelas. El tamaño de las parcelas a usar en esta investigación es de cien metros cuadrados ($100 m^2$), y de forma cuadrada con una dimensión de 10 metros por 10 metros, esto de conformidad con la norma NTC 5726.

Dentro de los rodales, se usó para la delimitación de las parcelas cuerda de color visible sostenida por estacas que se situaban a 10 metros una de otra, tal y como se muestra en la figura 9.

Figura 9

Delimitación de las parcelas.



Caracterización del Rodal. De conformidad con la NTC 5726, en la caracterización de los rodales se determinaron el número total de culmos, su estado de madurez, tales como; rebrote (R), joven (J), maduras (M) y sobremaduras (SM), estado fitosanitario definidas por sanas (S), afectación por insectos (AI) y afectación por hongos (AH) (ver figura 10), calidad del tallo sea este recto (R), deforme (D) y muy deforme (MD), y variables dendrómicas tales como, distanciamiento entrenudos y diámetro del culmo (DAP).

Figura 10

Afectación por hongos e insectos vistos en la guadua.



De esta manera, para determinar el estado de madurez se hizo uso de las especificaciones de la NTC 5726 donde se indica que para identificar un estado maduro (hecho) se deben observar en el culmo manchas de líquenes y musgos entre los entrenudos y sobre los nudos, al igual que la ausencia de hojas caulinares (ver figura 11).

Figura 11

Identificación de culmos hechos. Predio Villa Liliana.



La medición del diámetro del culmo se realiza a la altura del pecho (1.30 m) y en la mitad del entrenudo, según la NTC 5726 (ver figura 12).

Figura 12

Medición del diámetro del culmo y distanciamiento entrenudo. Rodal Villa Liliana.



6.2.3 Etapa 3: Selección y Corte del Material

Debido a que, durante los procesos de corte, transporte, almacenamiento, extracción de probetas, hay pérdidas, se realizó la selección y corte de quince (15) guaduas maduras, sanas y rectas, con el fin de contar con el material necesario para la fabricación de las probetas, ya que en su proceso de elaboración las pérdidas pueden ser considerables.

a) Marcación del Material para Corte. Para realizar la selección del material, previamente se debió documentar con exactitud características de madurez; conociendo teóricamente un culmo en estado maduro, revisando a distancia la calidad del tallo; determinando si este era recto o deforme y, por último, pero no menos importante, el estado fitosanitario de cada uno de individuos a aprovechar (ver figura 13).

Por lo tanto, haciendo uso de la literatura y la norma NTC 5300 y NTC 5525, se hizo la selección de quince (15) guaduas por rodal, maduras, sanas y rectas.

Figura 13

Determinación del estado de madurez, calidad y estado fitosanitario de los individuos a aprovechar, predio El Limón.



Posteriormente, las guaduas seleccionadas eran marcadas con cuerda de color rojo y a ella se sujetaba un material de fácil visualización para el momento del corte, tal y como se ilustra en la figura 14.

Figura 14

Marcación del material de corte. Predio Berlín La Esperanza.



b) Corte y Avinagrado. Para la realización del corte, se tuvieron en cuenta factores que inciden en la densidad anhidra y durabilidad, como lo es la fase lunar y la hora de corte. Por tanto, el corte se realizó el día 19 de diciembre del año 2019, haciendo uso de la luna en su fase cuarto menguante y en horas de 12:00 A.M. a 06:00 A.M., de conformidad con lo establecido por Santos Flores (2019) y Perea et al. (2003).

El corte se realizó conforme lo establece la norma NTC 5300, siendo este por encima del segundo nudo, con un corte sesgado para evitar la acumulación de agua y así evitar daños por hongos a la cepa, así como se muestra en la figura 15.

Figura 15

Corte de los individuos de estudio.



Una vez cortados los culmos, fueron dejados en proceso de avinagrado por un lapso de tiempo de veinte (20) días, como tratamiento natural para la preservación de los mismos, según lo establece la NTC 5301.

Los permisos de corte y aprovechamiento forestal fueron otorgados por la autoridad competente de la zona sur, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).

c) Extracción del Material. Finalizado el proceso de avinagrado en el rodal, el material cortado fue medido en una longitud de nueve (9) metros, como sumatoria de las longitudes de las tres secciones de la guadua: cepa (1.5 m), basa (4.5 m) y sobrebasa (3.0 m) (ver figura 16), longitudes que se tomaron en base a la metodología aplicada por López y Salcedo (2016).

Figura 16

Extracción del material de los rodales y corte por secciones de los culmos.



Las guaduas extraídas eran rotuladas de acuerdo al método implementado por López y Salcedo (2016) quienes se basaron en la NTC 5525, identificando procedencia, número de guadua, número de entrenudo y parte del culmo.

En la tabla 6, se indica la nomenclatura para la procedencia y la parte del culmo.

Tabla 6

Nomenclatura para niveles de factor, procedencia y sección.

Factor	Niveles
1. Procedencia	A. Berlín la esperanza
	B. Villa maría
	C. El limón
	D. Villa Liliana
2. Sección	M. Media

De esta manera, para la probeta obtenida de la guadua N° 1, del rodal Berlín La Esperanza, de la zona media y el entrenudo N° 25, el rotulado es como se ilustra en la tabla 7:

Tabla 7

Nomenclatura para la probeta A0125M.

Zona de procedencia	N° Guadua	N° Entrenudo	Sección
A	1	25	M

Finalmente, los culmos fueron cortados según la distancia longitudinal para cada sección: cepa (1.5 m), basa (4.5 m) y sobrebasa (3.0 m), con la finalidad de extraer la zona media y transportarlas hasta el punto de recepción de los especímenes.

En la presente investigación se opta por extraer probetas de la sección media de la guadua, debido a que como lo afirma Bambusa.es (2018), la sección intermedia o basa, es esbelta y mantienen el diámetro externo, condición que hace que la sección intermedia sea las más utilizada en construcciones. Además, los proyectos de investigación consecuentes, “Estudio de la guadua como tubería para el diseño y construcción de drenaje agrícola en la USCO – Pitalito”, proyecto de menor cuantía en desarrollo por Carantón y Molina (2021), y el proyecto de investigación “Determinación de coeficiente de rugosidad (n de Manning) en tubería de guadua *Angustigolia Kunt* para drenaje agrícola” en desarrollo por Carrillo y Vidal (2021), desarrollarán su estudio con la sección media de la guadua del Municipio de Pitalito.

Estando ya en el punto de recepción, la sección media fue caracterizada, por zona de procedencia, número de guadua y longitud de los entrenudos (ver figura 17).

6.2.4 Etapa 4: Extracción de las Probetas

La caracterización de la sección media de los culmos o basa, permitió identificar el número de probetas posibles a extraer de la sección media, los cuales se muestran en la tabla 8.

Figura 17*Rotulado de las probetas.***Tabla 8***Número posible de probetas de la sección media a ensayar.*

Rodales	Berlín La Esperanza	Villa María	El Limón	Villa Liliana	Total
Nº posible de probetas	214	216	227	223	880

Una vez identificados los entrenudos con distancia longitudinal superior a diecisiete (17) cm, fueron extraídos de manera mecánica y sin nudo. Es de anotar, que la distancia longitudinal seleccionada para las probetas fue tomada de la investigación de López y Salcedo (2016), que a su vez se basaron en el proyecto MADRC de la Universidad Nacional de Colombia.

Finalmente, se realizó una caracterización de todas las probetas extraídas sin daños mecánicos y en perfecto estado, siguiendo los lineamientos de la NTC 5525, determinando con un calibre de precisión 0.1 mm, cuatro (4) repeticiones el diámetro exterior (D), ocho (8) veces el espesor (e) y la longitud (L) de la probeta (ver figura 18).

El paso a seguir, consistió en la inmersión de las probetas en agua, con el objeto de evitar la pérdida de humedad y por ende el fisuramiento de las probetas. El tiempo especificado por López y Salcedo (2016) fue de quince (15) días, pero debido a la contingencia presentada por la COVID-19 vivida a nivel mundial, la CAM otorgó el salvoconducto de transporte y los municipios de Neiva y Pitalito expidieron los permisos de movilidad, cinco (5) meses después.

Figura 18

Obtención de las probetas y caracterización de las mismas, determinación diámetro externo, espesor y longitud.



Considerando lo anterior, se hizo necesario el cambio de agua y lavado de las probetas semanalmente para evitar los malos olores y la descomposición de los especímenes, como también evitar el secado que conlleva al fisuramiento de las probetas.

6.2.5 Etapa 5: Perforación de las Probetas

Para la presente investigación se realizaron dos (2) tipos de perforación, la primera, denominada perforación P, fue tomada en similitud a la distribución de los orificios que se pueden observar en las tuberías para drenaje agrícola de PAVCO, con un diámetro de perforación de 5/16 pulgadas, estando por encima del área mínima exigida por la norma NTC 6820, donde indica que el área mínima de entrada de agua para drenaje debe ser 8 cm^2 por

metro lineal. Ambas perforaciones se realizaron haciendo uso de un taladro de árbol (ver figura 19), y las probetas se soportaban en una prensa escualizable para mayor precisión.

La distribución de los orificios para la perforación P, como se ilustra en la figura 20, se realizó a 45° , con seis líneas y dos orificios por línea, dejando un espacio de 90° sin perforaciones en ambas superficies.

El segundo tipo de perforación o perforación E, consta de una distribución en filas paralelas, intercalando las perforaciones entre los espacios formando así triángulos isósceles y la distribución entre los orificios se dispuso a 60° el uno del otro, dejando un área sin perforar de 120° en ambas caras de la probeta (ver figura 21).

Figura 19

Proceso de perforado de probetas.



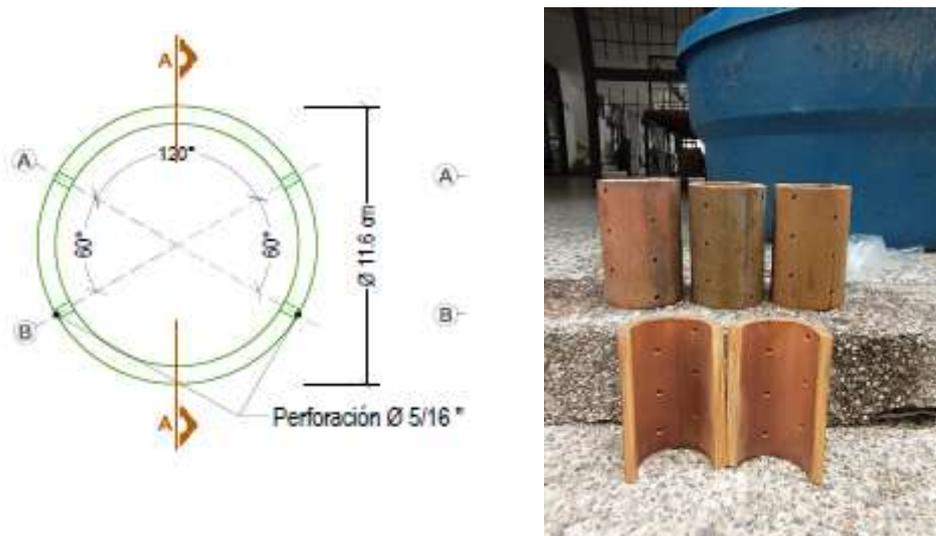
Es de aclarar que los anteriores diseños se elaboraron en conjunto con los proyectos de investigación “Estudio de la guadua como tubería para el diseño y construcción de drenaje agrícola en la USCO – Pitalito”, en desarrollo por Carantón y Molina (2021), y el proyecto de investigación “Determinación de coeficiente de rugosidad (n de Manning) en tubería de guadua *Angustigolia Kunt* para drenaje agrícola” en desarrollo por Carrillo y Vidal (2021).

Figura 20

Distribución de las perforaciones en el modelo P.

**Figura 21**

Distribución de las perforaciones en el modelo E.



En los anexos 5 y 6 se representan gráficamente los dos tipos de perforaciones en visión 3D para una mejor interpretación de los mismos, y un corte transversal del distanciamiento de los ángulos de perforación en grados.

6.2.6 Etapa 6: Selección de Probetas para Ensayo

Una vez caracterizadas y marcadas las posibles probetas a ensayar, se realiza el corte con una longitud de 17 cm aproximadamente, seleccionando las probetas extraídas de manera exitosa, sin daños mecánicos ni daños físicos por factores abióticos, como los mostrados en la figura 22.

Fueron eliminadas 455 probetas que sufrieron daños mecánicos provenientes del retiro de los culmos del rodal, del transporte y almacenamiento, así como del corte mismo, que pudiesen afectar los resultados. De igual forma, se eliminaron las probetas que no cumplían con la longitud especificada para el presente proyecto.

Figura 22

Probetas con daños mecánicos.



Con el proceso de perforación, se realizó nuevamente selección de los especímenes que serían ensayados, para lo cual se eliminaron 139 probetas que sufrieron daños por pérdida de humedad y fisuras a la hora de la perforación. Finalmente, durante el transcurso de los 5 meses para la obtención de los permisos de movilidad y salvoconducto de transporte de la guadua, se eliminaron 150 probetas, dañadas por la humedad. El total de las probetas que se ensayaron es igual a 136.

6.2.7 Etapa 7: Ensayos Físicos y Mecánicos

Los ensayos realizados a los especímenes en estudio fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Estructuras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana, determinando la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, el módulo de elasticidad circunferencial y contenido de humedad.

a) Determinación de la Resistencia a la Compresión Perpendicular a la Fibra, Módulo de Elasticidad Circunferencial, Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles. Para este ensayo se hizo uso de ciento treinta y seis (136) probetas, de las cuales, cincuenta y cinco (55) pertenecen a la perforación tipo E y ochenta y uno (81) probetas pertenecientes al grupo de perforación P. Diferencia que si dio debido a las pérdidas de especímenes durante el proceso. Las probetas eran ubicadas en la máquina como se ilustra en la figura 23.

Figura 23

Ensayo destructivo de probeta, resistencia a la compresión perpendicular a la fibra.



La máquina empleada para el ensayo a la compresión perpendicular a la fibra fue AGS -100 KNX SHIMADZU (ver figura 24), la cual funciona con el software de procesamiento de datos TRAPEZIUM X y cuenta con un panel de operación principal incorporado con pantalla digital de una resolución de 0.001 mm. Esta máquina

proporciona precisión alta ($\pm 0.5\%$), con un rango de velocidad de 0.001 a 800 mm/min.

La velocidad aplicada de manera continua para el ensayo fue de 0.01 mm/s, esto de conformidad con la NTC 5525.

Para determinar el esfuerzo ultimo a compresión perpendicular a la fibra actuante se determinó haciendo uso de la ecuación G.12.8-11 establecida en la NSR-10, como sigue:

$$f_p = \frac{3FD_e}{2t^2L} \quad (5)$$

Donde;

f_p : esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra (MPa)

F : fuerza aplicada (N)

D_e : diámetro externo promedio de la probeta (mm)

t : espesor promedio de la probeta (mm)

L : longitud de la probeta (mm)

Figura 24

Máquina AGS -100 KNX SHIMADZU.



b) Contenido de Humedad. El contenido de humedad de las probetas ensayadas se midió de acuerdo a los lineamientos establecidos en la NTC 5525, haciendo uso de la pérdida de masa de las probetas tras el secado, extrayendo una vez culminado el ensayo destructivo de compresión perpendicular a la fibra de las 136 probetas, muestras de dimensiones 30 mm por 30 mm, rotulándolas con el mismo código de la probeta ensayada, tal y como se ilustra en la figura 25.

Figura 25

Obtención y pesaje de las muestras para determinación de contenido de humedad.



Posteriormente, las muestras fueron pesadas en una balanza de precisión electrónica OHAUS, con una exactitud de 0.01 gr, introducidas en una bolsa ziploc, para evitar la pérdida de humedad hasta finalizar la jornada, y luego se retiraban de la bolsa para ingresar al horno eléctrico HUMBOLDT MFG. CO. a una temperatura de 103 °C por 24 horas. Una vez finalizado este periodo, se midió su masa cada 2 horas hasta que la diferencia entre las masas no superaba 0.01 gramos (ver figura 26).

Figura 26

Secado de las muestras.



El contenido de humedad de las probetas ensayadas, se determinó de acuerdo a lo estipulado en la NTC 5525, para lo cual, se hace uso de la siguiente ecuación:

$$CH = \frac{m - m_o}{m_o} \times 100 \quad (6)$$

Donde;

CH : contenido de humedad (%).

m : masa de la probeta humedad (gr).

m_o : masa de la probeta seca (gr).

c) Módulo de Elasticidad Circunferencial. Para determinar el módulo de elasticidad circunferencial se aplicó la metodología aplicada por Torres et al. (2007) y López y Salcedo (2016). Para determinar el módulo de elasticidad circunferencial se hace uso de ecuación 2.

$$E_{\varphi} = \left(\frac{\pi R}{4A} + \frac{R^3}{I} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) \right) * S$$

Donde;

E_{φ} : módulo de elasticidad circunferencial (Mpa)

R : radio de la probeta (mm)

A : área promedio de la sección comprimida (mm)

I : Inercia (mm^4)

S : pendiente de la curva carga vs deflexión (N/mm)

Para determinar la inercia y el área promedio de la sección comprimida se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$I = \frac{\pi R^4}{4} \quad (7)$$

$$A = L * t \quad (8)$$

Donde R , es el radio de la probeta, L la longitud promedio y t , el espesor.

d) Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles. Los valores característicos al igual que los esfuerzos admisibles se determinaron para los cuatro rodales (A, B, C y D), respecto a los dos tipos de perforación (P y E), de acuerdo a la metodología establecida en la NSR-10, título G- Estructuras de madera y estructuras de guadua.

Valores Característicos. El valor característico se determinó haciendo uso de la ecuación G.12.7-1 que se relaciona en la NSR- 10, como sigue:

$$f_{kp} = f_{0.05p} \left[1 - \frac{2.7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right] \quad (9)$$

Donde,

f_{kp} : valor característico en la sollicitación P, compresión perpendicular a la fibra.

$f_{0.05p}$: valor correspondiente al percentil 5.

m : valor promedio de los datos.

s : desviación estándar

n : número de datos.

Esfuerzos Admisibles. La ecuación para determinar los esfuerzos admisibles es:

$$F_{c_{adm}} = \left(\left(\frac{FC}{FS * FDC} \right) * f_{kp} \right) \quad (10)$$

Donde;

$F_{c_{adm}}$; esfuerzo admisible (MPa).

f_{kp} ; valor característico a compresión perpendicular (MPa).

FC : factor de reducción debido a las condiciones de ensayo en el laboratorio y las reales.

FS : factor de seguridad.

FDC : factor de duración de carga.

Los valores de los factores de reducción FS y FDC se extraen de la tabla G.12.7-3, NSR-10.

6.2.8 Etapa 8: Análisis Estadístico

Para el análisis de los datos se hizo uso de la estadística descriptiva y un análisis de varianza multifactorial realizado en el software Statgraphics Centurion X.I., y ejecutado a ciento treinta y seis (136) probetas, determinando para cada una la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra y módulo de elasticidad circunferencial.

a) Análisis Estadístico Descriptivo. El análisis descriptivo permitió realizar una caracterización de manera robusta de las diferentes variables, determinando las medidas de tendencia central como la media, moda y mediana, al igual que las medidas de dispersión, que indican la variabilidad de los datos, como la varianza y desviación estándar y medidas de posición como los percentiles, para cada una de las variables independientes.

b) Análisis Estadístico Inferencial. En esta etapa, se establecen las variables dependientes e independientes, inmersas dentro del diseño de la presente investigación, las cuales permiten la determinación estadística de las propiedades de la población en estudio.

Caracterización de las Variables. La descripción del impacto de los diferentes factores categóricos de una variable dependiente, en este caso, resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, hacen necesaria la identificación por factores y niveles para la ejecución del ANOVA Multifactorial.

Los factores que pueden incidir en la variable dependiente para la presente investigación están relacionados con la zona de procedencia dentro del municipio de Pitalito, de los especímenes en estudio y el tipo de perforación hecha a las probetas (P o E).

En la tabla 9 se muestra a detalle los factores y niveles de factor que pueden afectar la variable dependiente del presente estudio.

Tabla 9

Variable dependiente, niveles y factores de nivel.

Variable dependiente	Variables independientes	
	Factor	Niveles
Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra.	1. Procedencia	A. Berlín La Esperanza
		B. Villa María
		C. El Limón
		D. Villa Liliana
	2. Modelo de perforación	P. Pavco
		E. Diseño conjunto

Análisis de Varianza Multifactorial (ANOVA). La clasificación de la variable dependiente o resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, en factores y niveles de factor, ya definidos en la tabla 9, se relaciona en la tabla número 10 presentado como diseño ANOVA, para determinar si hay o no interacción entre los factores y diferencias significativas entre los diferentes niveles de factor.

Tabla 10*Clasificación de las variables independientes por niveles de factor en MPa.*

PEFORACIÓN	ZONA DE PROCEDENCIA			
	A	B	C	D
P	5,95	6,75	6,37	8,57
	5,53	8,37	5,95	8,59
	6,28	4,65	8,09	6,56
	5,37	9,56	8,63	6,58
	6,41	8,07	9,94	5,87
	7,61	6,31	7,02	6,08
	6,63	7,18	6,58	5,38
	7,29	8,41	7,17	4,91
	8,11	7,81	9,93	5,44
	8,37	5,23	10,81	6,30
	7,28	6,16	6,97	7,21
	6,25	8,71	7,09	6,16
	6,60	9,36	8,35	7,70
	7,69	10,27	7,96	7,98
	5,12	6,86	6,76	7,59
	7,19	7,03	8,70	7,21
	9,06	5,11	5,47	7,39
	3,86	7,54	8,51	-
	-	5,56	9,21	-
	-	9,96	5,28	-
-	8,92	-	-	
-	6,45	-	-	
E	5,61	7,58	8,32	5,91
	7,30	8,40	6,07	5,65
	3,92	8,36	8,22	3,88
	5,84	7,20	10,55	8,62
	7,00	8,47	7,20	7,52
	4,31	3,83	4,29	5,44
	9,69	7,65	6,81	6,95
	5,83	5,28	10,42	5,21
	8,97	6,43	4,43	5,21
	6,81	8,14	5,26	8,23
	-	8,23	9,34	8,16
	-	5,39	-	5,99

7. Resultados y Discusión

En el presente capítulo se evidencian los resultados obtenidos a lo largo de la presente investigación, tales como; caracterización realizada a los rodales Berlín La Esperanza, Villa María, El Limón y Villa Liliana. Así como, las caracterizaciones físicas realizadas a los culmos y a las probetas de la sección media. De la misma manera, se presentan los resultados de resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, módulo de elasticidad circunferencial, al igual que el contenido de humedad de los especímenes y el análisis comparativo de las mismas con estudios realizados anteriormente.

7.1 Caracterización de los Rodales y Análisis

La caracterización realizada a los rodales representa las diferentes condiciones de la población de muestreo, es decir, que este procedimiento permitió determinar la densidad, estado de conservación y estado fitosanitario de los mismos. En los Anexos 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14, se evidencian los levantamientos de información realizados en las diferentes parcelas.

Estos resultados permitieron estimar que para los rodales Berlín La Esperanza, Villa María, El Limón y Villa Liliana, ubicados en las veredas Cálamo, Zanjones, Palmarito y San Francisco del municipio de Pitalito, respectivamente. Los cuales cuentan con una media población de 0.99 tallos /m^2 , 1.11 tallos /m^2 , 1.27 tallos /m^2 y 0.84 tallos /m^2 , respectivamente. Para el caso de Berlín La Esperanza, la caracterización arrojó un número aproximado de 1382 tallos en su área total, superando de esta manera la densidad mínima total para un gradual de 1 hectárea, solicitado por la Resolución 1740 de 2016 para aprovechamiento forestal. El error estándar de estimación de la caracterización, como se observa en la tabla 11, está por debajo de 10%, cumpliendo lo establecido por la NTC 5726.

Tabla 11

Estimaciones para el MAS de la caracterización de los rodales.

Parámetros Estadísticos	Berlín La Esperanza	Villa María	El Limón	Villa Liliana
--------------------------------	----------------------------	--------------------	-----------------	----------------------

Promedio (guadua)	99	111	127	84
S ²	112.5	4.5	32	128
S	10.61	2.12	5.66	11.31
CV (%)	10.66	1.90	4.45	13.47
Error estándar	7.5	1.5	4.0	8.0

Nota. Varianza (S²).

El análisis exploratorio realizado a las caracterizaciones de bambú con el objeto de comprobar la existencia de valores extraños, permitió la eliminación de seis (6) valores de diámetro (DAP) y longitud de entrenudo con valores atípicos para los cuatro rodales. La regeneración de los rodales es de 0.10, 0.14, 0.13 y 0.12 *renuevos/m²* con un error de entre el 1 y 6%. En la tabla 12 y 13 se evidencia las estimaciones estadísticas realizadas a la capacidad de regeneración y el estado fitosanitario (sanas) de los rodales en estudio.

Tabla 12

Estimación estadística para rebrotes.

Parámetros estadísticos	Berlín La Esperanza	Villa María	El Limón	Villa Liliana
Promedio (rebrotes)	10	14	13	12
S ²	8.0	2.0	2.0	60.5
S	2.82	1.41	1.41	7.78
CV (%)	28.28	10.10	10.88	62.22
Error estándar	2.0	1.0	1.0	5.5

Tabla 13

Estimación para estado sano de los cuatro rodales.

Parámetros estadísticos	Berlín La Esperanza	Villa María	El Limón	Villa Liliana
Promedio (guadua)	78.5	105.5	113.5	78.5

S ²	112.5	12.5	24.5	180.5
S	10.61	3.53	4.95	13.43
CV (%)	13.51	3.35	4.36	17.11
Error estándar	7.5	2.5	3.5	9.5

Con base en la tabla 14, se muestra que el mayor diámetro a la altura del pecho o DAP, fue encontrado en Berlín La Esperanza con un valor de 124.7 mm y el rodal de menor DAP, es El Limón con 105.30 mm. Por otro lado, el estudio de forma de los datos realizado a la variable DAP con la prueba de Kolmogorov-Smirnov arrojó valores de p superiores a 0.05, indicando que no se puede rechazar la hipótesis nula de que el DAP proviene de una distribución de datos normal con un 95% de confianza. En esta misma tabla se muestran los valores de recuento, promedio, mediana y mínimos y máximos, para los cuatro rodales.

Tabla 14

Parámetros estadísticos para el diámetro a la altura del pecho (DAP).

Parámetros Estadísticos	Berlín La Esperanza	Villa María	El Limón	Villa Liliana
Recuento	199	223	254	168
Promedio (mm)	124.7	122.9	105.3	115.2
Mediana	124.1	121.0	105.0	118.0
Min	76.0	85.0	72.0	80.0
Max	168.0	174.0	146.0	145.0

7.2 Caracterización de los Culmos

En la tabla 15 se presentan la longitud de los entrenudos promedios de la sección media de la guadua aprovechada y se distingue que el predio de mayor longitud entrenudo es Villa María, ubicado en la vereda Zanjones. En los anexos 15, 16, 17 y 18, se presenta la caracterización realizada a la sección media de los culmos aprovechados en los rodales Berlín La Esperanza, Villa María, El Limón y Villa Liliana, en cuanto a número de entrenudos y longitud de los mismos.

Tabla 15

Promedio de longitud entrenados para la sección media para los cuatro rodales en cm.

Long. Entrenado Promedio (cm)	Berlín La Esperanza	Villa María	El Limón	Villa Liliana	Promedio
M	22.9	24.8	24.4	23.8	23.97

7.3 Exclusión de Datos Atípicos

En esta etapa, fueron excluidas 14 probetas por contar con valores anormales en cuanto a resistencia, contenido de humedad y módulo de elasticidad. Es de anotar, que las variables diámetro externo y espesor no presentaron valores atípicos. Por tanto, el número de especímenes en estudio es igual a 122.

En el caso de la probeta B1513M con un valor de resistencia 13.16 MPa, supera los valores de resistencia de los demás especímenes en estudio. Por otro lado, la probeta B1022M con un valor de resistencia de 2.98 MPa, fue descartada por estar muy por debajo de la media. De igual forma, las probetas A1526M y C0411M fueron excluidas por contar con valores por debajo del contenido de humedad y por encima de los demás valores de módulo de elasticidad, en el mismo orden. En la tabla 16 se listan la totalidad de las probetas excluidas.

Tabla 16

Valores atípicos y variable de exclusión.

Probeta	σ_{Cp} (MPa)	D_{prom} (mm)	e_{prom} (mm)	%CH	M.E.C. (MPa)
A0826M	6.48	109.45	12.79	194.79	57.26
A0125M	6.56	113.02	13.35	184.75	59.18
A1523M	4.93	104.88	10.40	202.94	33.41
A1525M	4.29	105.40	10.65	210.57	39.31
A1526M	5.89	103.83	10.18	82.96	29.03
B1513M	13.25	126.55	15.85	123.88	174.46
C0410M	4.89	123.80	18.24	112.40	310.38

C0411M	4.33	122.83	17.08	110.72	247.45
C0414M	14.38	120.50	15.76	115.64	172.20
B1022M	2.98	117.55	13.74	166.15	104.20
C0420M	14.38	117.60	13.15	115.11	248.93
A0126M	11.83	94.75	10.47	147.43	119.28
D0526M	10.52	100.50	10.96	138.14	47.14
C0422M	10.64	116.55	12.96	109.31	212.66

7.4 Caracterización de las Probetas y Análisis Descriptivo del Diámetro Externo, Espesor y Contenido de Humedad

En el anexo 19 se muestran las mediciones geométricas realizadas a las probetas en estudio provenientes de los cuatro rodales; Berlín La Esperanza, Villa María, El Limón y Villa Liliana.

En la tabla 17 se presentan valores promedio de diámetro externo, espesor y longitud para cinco probetas provenientes del rodal Berlín La Esperanza, sección media de los culmos.

Tabla 17

Longitud, diámetro externo y espesor promedio probetas sección media.

Nomenclatura	L_{prom} (mm)	D_{prom} (mm)	e_{prom} (mm)
A0125M	169,9	113,0	13,4
A0126M	169,2	94,8	10,5
A0127M	170,0	108,7	12,7
A0128M	169,6	109,5	12,0
A0226M	169,9	96,6	8,9

A los resultados arrojados en la caracterización de las probetas se le determinaron las medidas de tendencia central y medidas de variabilidad, tales como el promedio, la mediana, desviación estándar, entre otras, que permiten describir y analizar las características de las muestras. Para el caso en específico, en el análisis descriptivo realizado a la variable diámetro externo de la sección media, se evidencia en la tabla 18 y se concluye del mismo que los rodales de mayor diámetro fueron los rodales Villa María ubicado en la vereda Zanjones y El Limón, vereda Palmarito del municipio de Pitalito, con un valor de 121.11 mm y 118.21 mm,

respectivamente. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por Capera y Erazo (2012), Alarcón y Olarte (2013) y López y Salcedo (2016), quienes indican que el diámetro de la sección media de los culmos procedentes de la vereda Zanjones fueron los más altos en comparación con las zonas restantes, con valores de 109.80 mm, 105.30 mm y 102.20 mm. El rodal Berlín La Esperanza obtuvo los menores diámetros con un valor promedio para la sección media de 106.66 mm, mismo que no se pudo comparar debido a que es la primera investigación que se realiza en este rodal.

Tabla 18

Análisis descriptivo para diámetro externo de la zona media.

Resumen Estadístico	Zona			
	A	B	C	D
Recuento	28	34	31	29
Promedio (mm)	106.66	121.11	118.21	109.78
Mediana (mm)	105.36	120.54	119.90	108.70
S (mm)	8.08	5.39	6.46	7.52
CV (%)	7.58	4.45	5.46	6.85
Mínimo (mm)	96.2	109.70	101.50	97.93
Máximo (mm)	125.18	129.48	126.33	127.83
Rango (mm)	28.98	19.78	24.83	29.90

En lo que refiere a espesor de pared, este tiene un comportamiento similar al diámetro, observándose en el rodal Villa María y El Limón los valores más altos, siendo este 15.22 mm y 14.43 mm para la sección media (ver tabla 19). Esto se ajusta a los resultados obtenidos por Capera y Erazo (2012), donde el predio E (Villa María) tuvo los promedios de espesor de pared para la sección media más alto, siendo este valor 13.4 mm y con Alarcón y Olarte (2013) donde el predio D (la Dalia-Limón) tuvo un valor alto con respecto a los demás predios, 14.40 mm.

Por otro lado, el predio con menor promedio de espesor de pared para la sección media fue Berlín La Esperanza, ubicado en la vereda Cálamo con un valor de 11.78 mm.

Tabla 19

Análisis descriptivo del espesor de pared para la sección media de los culmos.

Resumen Estadístico	Zona			
	A	B	C	D
Recuento	28	34	31	29
Promedio (mm)	11.78	15.22	14.43	14.09
Mediana (mm)	10.98	15.28	13.94	13.86
S (mm)	2.06	1.70	2.09	1.95
CV (%)	17.47	11.17	14.55	13.84
Mínimo (mm)	8.90	12.89	10.71	10.59
Máximo (mm)	17.61	18.98	18.73	18.26
Rango (mm)	8.71	6.09	8.02	7.67

En el análisis descriptivo del contenido de humedad de los especímenes de la sección media de la guadua, tabla 20, se aprecian que las muestras tomadas de los rodales Berlín La Esperanza (A), Villa María (B) y El Limón (D), el contenido de humedad está por encima de 140%, por otro lado, el rodal El Limón (C) tiene el valor de humedad más bajo respecto a los demás. El promedio para las cuatro zonas es de 140.62%, el cual fue alto en comparación con los resultados de López y Salcedo (2016), donde las probetas del grupo SB de las cuatro zonas fue de 113.51%, esto se debe a que las probetas al extraerse de los recipientes no se expusieron al aire libre directamente, sino que fueron empacadas en bolsas plásticas con el objetivo de evitar la deshidratación.

Tabla 20

Análisis descriptivo para contenido de humedad.

Resumen Estadístico	Zona			
	A	B	C	D
Recuento	28	34	31	29
Promedio (%)	148.05	144.23	126.41	144.39
Mediana	146.42	144.39	124.00	141.72
S	12.38	13.18	12.29	14.62
CV (%)	8.36	9.14	9.72	10.13

Mínimo (%)	126.17	116.71	105.01	112.56
Máximo (%)	176.49	170.38	154.03	173.73
Rango	50.32	53.67	49.02	61.18

7.5 Resistencia a Compresión Perpendicular a la Fibra y Análisis Inferencial y Comparativo

Con el fin de ilustrar el proceso de implementación de la ecuación 5, para determinar el esfuerzo último, se realiza a modo de ejemplo la siguiente muestra de cálculo para la probeta B0115M, proveniente del rodal Villa María, del entrenado número 15 de la parte media de la guadua número 5, cuyos dimensiones y valor de carga máxima se indican en la tabla 21, por tanto,

Tabla 21

Datos de la probeta B0115M.

Probeta B01515M	
Diámetro prom (D_e)	124.68 mm
Espesor prom (t)	15.76 mm
Longitud (L)	172.95 mm
Carga máxima (F)	1550.600 N

Reemplazando en la ecuación 5,

$$f_p = \frac{3(1550.600 \text{ N})(124.68 \text{ mm})}{2 (15.76 \text{ mm})^2(172.95 \text{ mm})} = 6.75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 6.75 \text{ Mpa}$$

Los resultados arrojados en el ensayo a compresión perpendicular se presentan en el Anexo 20 para las probetas provenientes de la sección en estudio de los cuatros rodales, así como la temperatura ambiente, la humedad relativa, tomadas al momento de la prueba, el contenido de humedad y el módulo de elasticidad circunferencial. En la tabla número 22, se listan algunos valores de esfuerzo último del rodal Villa María, sección media.

Tabla 22

Porcentaje de humedad y esfuerzo último de probetas de la sección media en culmos de la zona B.

Nomenclatura	CH (%)	F(N)	σ_{Cp} (MPa)
B0116M	138,48	1425,98	8,37
B0118M	127,82	1543,95	8,40
B0119M	132,28	701,52	4,65
B0219M	164,83	2009,19	9,56
B0223M	142,30	1516,60	8,07
B0224M	146,76	1081,90	6,31
B0317M	156,37	1726,25	7,18
B0318M	148,56	1926,93	8,36
B0321M	135,81	2219,33	8,41
B0325M	138,83	1587,85	7,81
B0413M	165,81	1803,48	5,23
B0417M	142,51	1908,97	7,20
B0613M	153,21	2347,84	8,47

A continuación, se presenta el análisis inferencial de la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra de la sección media de la guadua y se comparan los resultados con investigaciones donde se evaluó la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, entendiendo que estos resultados no son similares debido a condiciones de área de los especímenes durante el ensayo, puesto que en esta investigación se realizó prueba con perforaciones las cuales disminuyeron el área de las probetas.

7.5.1 Análisis de Varianza Multifactorial

En la tabla 23 se muestran los resultados arrojados por el análisis de varianza para la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra en la sección media de la guadua de las cuatro procedencias del municipio de Pitalito realizado en el software Statgraphics Centurion X.V., evidenciando en el *p-valué* valores superiores a 0.05 que indican que la zona de procedencia ni el tipo de perforación tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la resistencia perpendicular a la fibra, con un 95% de nivel de confianza.

Tabla 23

Análisis de varianza multifactorial de resistencia a compresión perpendicular a la fibra de la sección media de la guadua.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón f</i>	<i>p-valoré</i>
<i>Efectos principales</i>					
A: Zona de procedencia	19.1783	3	6.39277	2.64	0.0531
B: Tipo de perforación	3.16767	1	3.16767	1.31	0.2554
<i>Interacciones</i>					
AB	0.235724	3	0.0785745	0.03	0.9921
Residuos	276.381	114	2.4244		
Total (Corregido)	301.817	121			

De acuerdo con los resultados arrojados y teniendo en cuenta que esta investigación se realizó con 122 probetas perforadas bajo dos diseños de perforación, los resultados de resistencia a la compresión perpendicular a la fibra no son objeto de contraste con investigaciones en las cuales se hayan ensayado probetas de guadua con las mismas condiciones, puesto que a la fecha no hay documentadas. Sin embargo, es importante destacar que al igual que Capera y Erazo (2012) y López y Salcedo (2016), en la presente investigación se concluye que el área o zona de procedencia de los especímenes no afecta de manera significativa la resistencia a la compresión perpendicular.

Prueba de Múltiples Rangos para Resistencia a Compresión. Con el objetivo de comparar si las medias representan diferencia significativa una de otra, se realizó la prueba de múltiples rangos o de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey, la cual arrojó que no hay diferencias estimadas entre cada par de media para resistencia por zona de procedencia y perforación con un nivel de confianza del 95%.

En la tabla 24 se presentan los valores mostrados en la prueba de múltiples rangos y el análisis descriptivo realizado para la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra de la

zona media de la guadua del municipio de Pitalito por zona de procedencia (A, B, C y D). De la anterior se observa, que la zona C representó el mayor valor de esfuerzo, 7.547 MPa, probablemente porque las probetas de esta zona tenían el contenido de humedad más bajo, 126.41%, aun así, las medias LS o medias estimadas por mínimos cuadrados de las cuatro procedencias no arrojaron diferencias estadísticamente significativas, promoviendo cierta homogeneidad entre los resultados promedios de los predios Berlín La Esperanza, Villa María, El Limón y San Francisco.

La comparación de los resultados de resistencia a compresión perpendicular del presente estudio, no son contrastados con investigaciones con condiciones de ejecución similares en cuanto a perforación. Sin embargo, comparaciones con investigaciones previas permitió encontrar valores inferiores a compresión perpendicular en guadua; proyecto MADRC (2010) y Ardila Pinilla (2013) por ejemplo, determinaron un valor de 5.71 MPa y 4.08 MPa, respectivamente, para la sección media de la guadua. Por otro lado, los resultados arrojados por la investigación de López y Salcedo (2016) en el municipio de Pitalito, fue 0.66 MPa mayor al del estudio en cuestión.

Lo anterior complementa los resultados del análisis de varianza multifactorial, por tanto, la resistencia a la compresión perpendicular no se vio afectada por las perforaciones, adecuaciones hechas para simular una tubería de drenaje agrícola.

Tabla 24

Prueba de múltiples rangos y análisis descriptivo para la resistencia a la compresión perpendicular por zona de procedencia.

Resumen estadístico	A	B	C	D	Total
Recuento	28	34	31	29	122
Media LS (MPa)	6.614	7.274	7.547	6.596	7.075
S (MPa)	1.471	1.575	1.780	1.261	1.579
CV (MPa)	22.153	21.484	23.417	19.024	22.324
Mínimo (MPa)	3.86	3.83	4.29	3.88	3.83
Máximo (MPa)	9.69	10.27	10.81	4.74	10.81
Límite superior (MPa)	7.409	8.068	8.483	7.278	7.449

Límite inferior (MPa)	5.868	6.592	6.724	5.983	6.700
-----------------------	-------	-------	-------	-------	-------

En cuanto a la prueba de múltiples rangos y el análisis descriptivo para la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra respecto a los dos tipos de perforación, en la tabla 25 se muestran los resultados. A pesar de que la prueba de múltiples rangos (HSD) de Tukey no arrojó diferencias entre las medias significativamente, se observa en la media, que la perforación tipo P obtuvo una resistencia mayor que el tipo de perforación E.

Tabla 25

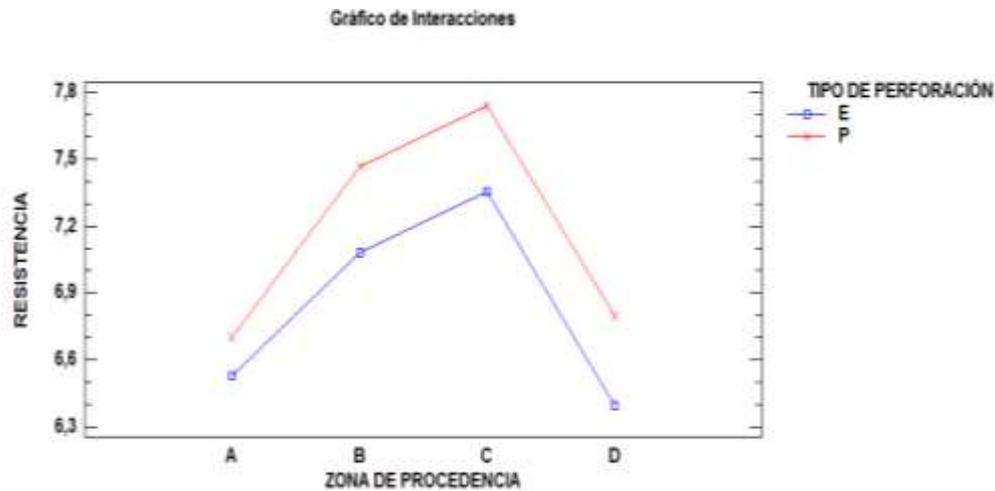
Prueba de múltiples rangos y análisis descriptivo para la resistencia a la compresión perpendicular por tipo de perforación.

Resumen estadístico	P	E	Total
Recuento	77	45	122
Media LS (MPa)	7.175	6.840	7.075
S (MPa)	1.459	1.760	1.579
CV (MPa)	20.230	25.721	22.324
Mínimo (MPa)	3.86	3.83	3.83
Máximo (MPa)	10.81	10.55	10.81
Límite superior (MPa)	7.541	7.371	7.358
Límite inferior (MPa)	6.879	6.314	6.791

Efecto de las Interacciones. Considerando los resultados del ANOVA, los análisis descriptivos y los test de múltiples rangos (HSD) de Tukey realizados y evidenciados anteriormente, en donde se demostró que no hay diferencia significativa, en este apartado se muestra de forma gráfica las interacciones permitidas para la repercusión de la zona de procedencia y el tipo de perforación en el valor de resistencia perpendicular a la fibra. Una observación detallada de la figura 27 permite extraer un mejor comportamiento de la perforación tipo P en contraste con la perforación tipo E, destacando para ambos tipos de perforación los picos de resistencia en la procedencia C, predio El Limón, considerándose el mismo como el más preponderante.

Figura 27

Interacciones de la zona de procedencia, el tipo de perforación y la resistencia perpendicular a la fibra.



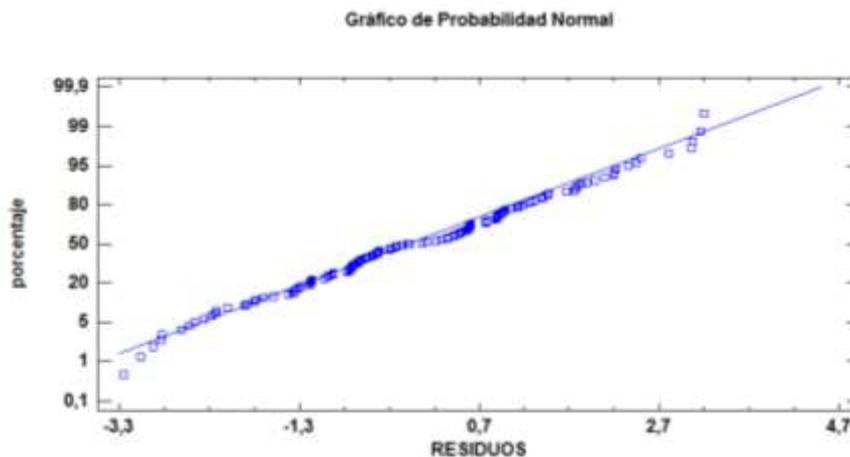
Contraste de hipótesis

Normalidad. Con el objetivo de determinar la normalidad de los datos de resistencia a la compresión perpendicular a la fibra de las 122 probetas ensayadas de la zona media de la guadua del municipio de Pitalito, se realizó la gráfica de probabilidad normal de los residuos (ver figura 28), misma en la que se evidencia que la calidad de ajuste a una distribución normal de los datos provenientes de la muestra en estudio es fuerte.

Por otro lado, la prueba de normalidad o prueba de Kolmogorov- Smirnov realizada arrojó un *p-valué* por encima de 0.05 para resistencia, concluyéndose que los valores trabajados provienen de una distribución normal con un 95% de confianza, aceptando de esta manera, la hipótesis nula.

Figura 28

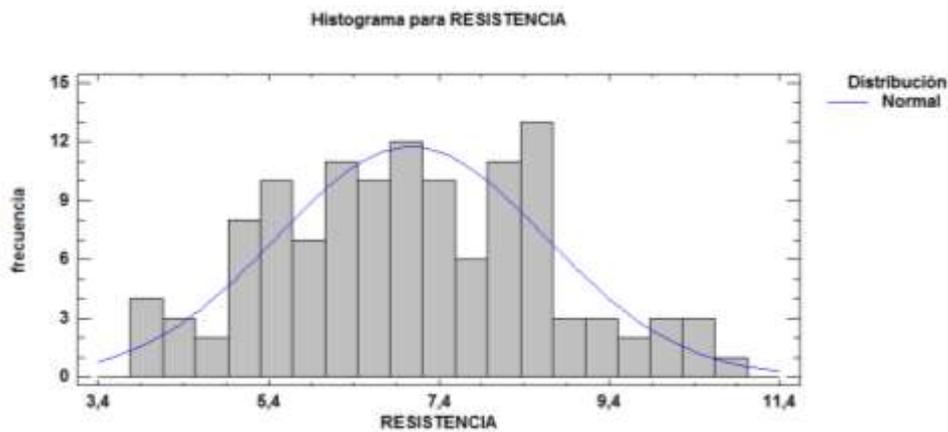
Probabilidad normal de los residuos.



En la figura 29 se presenta un histograma de capacidad para la variable resistencia, donde se evidencia un agrupamiento de los datos al valor central y la asimetría de ambos lados, obteniendo la curva de distribución normal o campana de Gauss, reafirmando que los datos de resistencia tienen un ajuste adecuado.

Figura 29

Histograma de capacidad para los datos de resistencia de la sección media de la guadua.



Homocedasticidad. Para verificar que la varianza sea constante en los diferentes niveles de factor se realizó la prueba homogeneidad de varianza o prueba de homocedasticidad, donde se evidencia en la figura 30, predichos frente a residuos de resistencia, que no existe patrón en forma de embudo que indique heterocedasticidad.

Figura 30

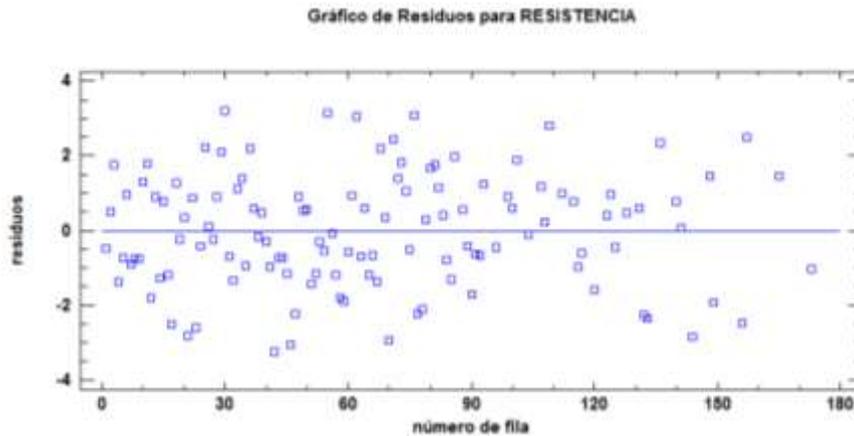
Gráfica de homocedasticidad.



Independencia de los Residuos. Finalmente se realizó la verificación de la aleatoriedad en la toma de las muestras en relación a la zona de procedencia y selección de culmos, evidenciándose en la figura 31 la dispersión aleatoria de los residuos frente a número de fila.

Figura 31

Independencia de los residuos.



7.6 Análisis Descriptivo y Comparativo para el Módulo de Elasticidad y Esfuerzo Admisible

7.6.1 Módulo de Elasticidad

Para el caso del módulo de elasticidad circunferencial, se hace uso de la ecuación 5 y se realiza la siguiente muestra de cálculo con los datos de la probeta B0115M, cuyas características se anotan en la tabla 26, por tanto, el módulo de elasticidad se determinó como sigue:

Tabla 26

Geometría de la probeta B0115M, pendiente y módulo de elasticidad.

Probeta B0115M	
Diámetro prom (D_e)	124.68 mm
Espesor prom (t)	15.76 mm

Longitud (L)	172.95 mm
Carga máxima (F)	1550.600 N
Radio externo (R)	62.34 mm
Inercia (mm^4)	11861976.88
Área (mm^2)	2726.21
Pendiente (s)(N/mm)	5260.7
Módulo de elasticidad (MPa)	110.48

a) Inercia.

$$I = \frac{\pi(62.34 \text{ mm})^4}{4} = 11861976.88 \text{ mm}^4$$

b) Área.

$$A = 172.95 \text{ mm} * 15.76 \text{ mm} = 2725.69 \text{ mm}^2$$

c) Pendiente.

La pendiente se determinó haciendo uso de la curva carga vs deformación.

Con estos datos, se resuelve la ecuación 5 como sigue:

$$E_{\varphi} = \left(\frac{\pi * (62.34)}{4(2725.69)} + \frac{(62.34)^3}{11861976.88} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) \right) * 5260.7 = 110.48 \text{ MPa}$$

A los resultados obtenidos del módulo de elasticidad circunferencial, de las probetas ensayadas de la sección media de la guadua del municipio de Pitalito, se le realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov la cual arrojó un *p-valué* superior a 0.05 indicando que los datos provienen de una distribución normal con un 95% de confianza.

En la tabla 27 se muestra el análisis descriptivo realizado al módulo de elasticidad circunferencial de la zona media para las cuatro procedencias, evidenciándose que las probetas

con tipo de perforación E tuvieron un módulo 9.90% mayor que la perforación P, sin embargo, la comparación de las medias mediante la prueba-t indica que no hay diferencia significativa entre las mismas con un nivel de confianza del 95%, puesto que el intervalo contiene el valor de cero.

A pesar que la prueba de múltiples rangos (HSD) de Tukey, no arrojó diferencias entre las medias significativamente en relación a los dos tipos de perforación, se observa en la media, que la perforación tipo P obtuvo una resistencia mayor que el tipo de perforación E. Por ende, se esperaría que el módulo de elasticidad circunferencial fuese proporcional. Sin embargo, la ecuación de módulo de elasticidad de Young, establece una relación indirectamente proporcional entre el módulo de elasticidad y la deformación.

Tabla 27

Análisis descriptivo MEC.

Resumen estadístico	P	E	Total
Recuento	77	45	122
Promedio (MPa)	104.49	115.97	108.73
S (MPa)	40.57	37.27	39.62
CV (MPa)	38.83	32.13	36.44
Mínimo (MPa)	23.13	39.71	23.13
Máximo (MPa)	196.08	192.43	196.08
Diferencia entre las medias		-3.15032; 26.1188	

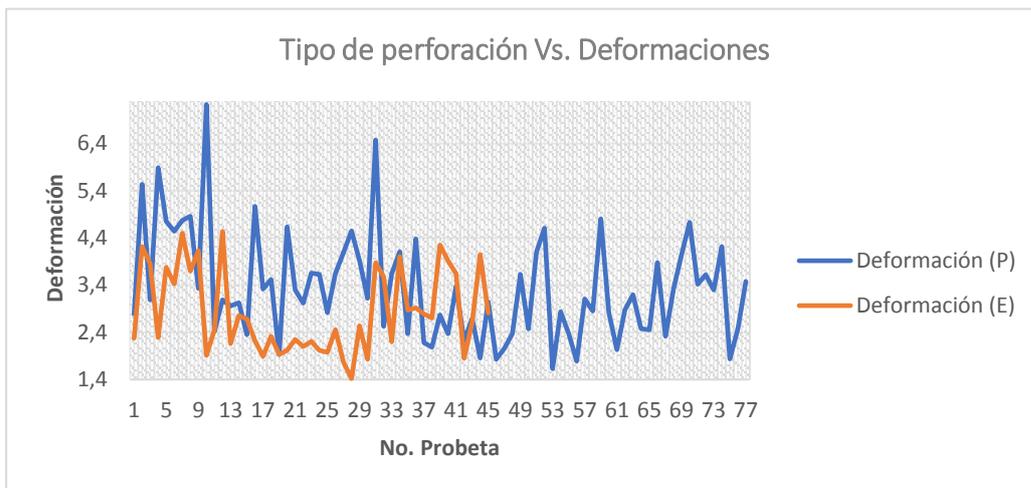
En el caso de estudio la repercusión de la deformación de las probetas ha generado un módulo de elasticidad menor para las probetas de perforación tipo P, y un módulo de elasticidad mayor para las probetas de perforación E. Lo anterior se argumenta en la figura 32, en la cual se evidencia el comportamiento de la deformación en contraste con el tipo de perforación, destacándose mayores picos y relevancia en la línea de color azul, la cual representa la perforación P.

En cuanto al análisis comparativo, resulta inconveniente comparar los presentes resultados debido a que las investigaciones referentes a la compresión perpendicular no poseen perforaciones específicas para tubería de drenaje, destacando la importancia del presente

proyecto para el campo agrícola. Sin embargo, se puede indicar que en relación a los resultados obtenidos en módulo de elasticidad por el proyecto MADRC, el módulo de elasticidad del estudio en cuestión es 78.22% y 75.83% menor, de igual forma, los resultados indicados por López y Salcedo (2016), son superiores a los hallados aquí.

Figura 32

Comportamiento de la deformación en relación al tipo de perforación



Por lo anterior, se visualiza una posible incidencia de las perforaciones en el módulo de elasticidad circunferencial de la guadua modificada para tubería de drenaje agrícola.

7.6.2. Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles

Los valores característicos y los esfuerzos admisibles se determinaron para las cuatro procedencias: Berlín La Esperanza (A), Villa María (B), El Limón (C) y Villa Liliana (D), en relación a la variable perforación (P y E), esto, a través del software Statgraphics Centurion XV.I. Los resultados se evidencian en las tablas 28 y 29.

La muestra de cálculo se realizó con base a los datos de la perforación P de la zona B.

Valores Característicos. Haciendo uso de la ecuación 9 y de los siguientes datos:

Datos:

$$m = 7.47 \text{ MPa}$$

$$s = 1.62$$

$$n = 22$$

$$f_{0.05p} = 5.11 \text{ MPa}$$

$$f_{kp} = 5.11 \text{ MPa} \left[1 - \frac{2.7 \frac{1.62}{7.47 \text{ MPa}}}{\sqrt{22}} \right] = 4.47 \text{ MPa}$$

Esfuerzos Admisibles. Con la ecuación 10, el esfuerzo admisible para la zona media de los cuatros zonas en relación a la perforación P, es:

$$F_{c_{adm}} = \left(\left(\frac{1.0}{1.8 * 1.2} \right) * 4.47 \text{ MPa} \right) = 2.07 \text{ MPa}$$

Tabla 28

Valores característicos para las diferentes procedencias en relación a la perforación P.

ZONA Y PERFORACIÓN P					
DATOS ESTADÍSTICOS	A	B	C	D	TOTAL
Número de datos (N)	18	22	20	17	77
Promedio (MPa)	6,70	7,47	7,74	6,79	7.21
S	1,28	1,62	1,53	1,10	1.46
CV (%)	19,09	21,72	19,78	16,22	20.23
Percentil 5 (MPa)	3,86	5,11	5,37	4,91	5.11
Valor característico (MPa)	3,39	4,47	4,73	4,39	4,79
Esfuerzo admisible (MPa)	1,57	2,07	2,19	2,03	2,22

Nota. Desviación Estándar (S) y coeficiente de variación (CV).

Tabla 29

Valores característicos para las cuatro procedencias en relación a la perforación E.

ZONA Y PERFORACIÓN E					
DATOS ESTADÍSTICOS	A	B	C	D	TOTAL
Número de datos (N)	10	12	11	12	45
Promedio (MPa)	6,53	7,08	7,35	6,40	6.84

S	1,84	1,52	2,22	1,48	1.76
CV (%)	28,15	21,47	30,26	23,09	25.72
Percentil 5 (MPa)	3,92	3,83	4,29	3,88	3.92
Valor característico (MPa)	2,98	3,19	3,24	3,18	3.51
Esfuerzo admisible (MPa)	1,38	1,48	1,50	1,47	1.63

De las anteriores tablas, se evidencia que el predio con mayor valor característico y esfuerzo admisible es el rodal El Limón, cuyos valores son superiores a los arrojados por los demás rodales tanto para la perforación P como E. En la tabla 30, se presentan los valores promedios para diferentes investigaciones, concluyéndose que los resultados de esta investigación, arrojaron valores superiores a los estipulados por la norma NSR-10, al igual que los de Ardila Pinilla (2013) y López y Salcedo (2016) para el grupo SB. Por otro lado, los esfuerzos admisibles de la sección media de la guadua, una vez realizada la modificación por contenido de humedad contemplado en el título G de la NSR-10, tabla G.12.7-5 para compresión perpendicular (0.80) para probetas con un contenido de humedad que supera el 19%, se identificó que estos valores superan los registrados por la NSR-10, Ardila Pinilla (2013) y López y Salcedo (2016) para el grupo SB.

Tabla 30

Esfuerzo admisible a compresión perpendicular y compresión perpendicular con probetas perforadas para el municipio de Pitalito.

Año	Autor	$f_{kp}(MPa)$	$Fc_{adm}(MPa)$	CH (%)	$C_m(MPa)$
2010	NSR-10	3.04	1.40	12	1.40
2013	Ardila Pinilla	2.15	1.00	82.55	0.8
2016	López y Salcedo	1.91	0.88	113.51	0.70
2016	López y Salcedo	4.16	1.93	98.86	1.54
2021	Burbano y Claros	4.79	2.22	139.49	1.78
2021	Burbano y Claros	3.51	1.63	142.55	1.30

7.7 Análisis de las Características Físicomecánicas y su Aplicación como Tubería De Drenaje Agrícola.

A modo de comparación, sin entrar en discusión alguna con las diferentes marcas fabricantes de tubería de uso agrícola, en el caso particular de tubería de drenaje, de la guadua se resaltan características que son ajustables a los diseños comerciales estandarizados por las marcas, que en vista de la necesidad de quienes las implementan, las fabrican con cierta particularidad. Explícitamente se recalca el comportamiento en cuanto a lo referente al diámetro externo de la sección media de los diferentes rodales trabajados, obteniendo, como ya se ha mencionado, valores de 106.66 mm, 121.11 mm, 118.21 mm y 109.70 mm para las zonas A, B, C y D respectivamente, acertando las dimensiones dentro de los rangos de fabricación que manejan los catálogos de Tubosistemas AMANCO, quienes fabrican tuberías para uso de drenaje agrícola de 92.5 mm y 128 mm, Tuberías PAVCO, con rangos de fabricación entre los 65, 100, 160 y 200 mm, Tuberías DURMAN con una amplia gama de diámetros comerciales que oscila entre los 27, 34, 40, 54, 67, 80, 94, 107, 135, 160, 190, 215 y 270 mm, solo por mencionar algunas.

En cuanto a las propiedades físicomecánicas, sobresalen los culmos provenientes de los rodales Villa María (zona B) y El Limón (zona C), ubicados en las veredas Zanjones y Palmarito, respectivamente. Lo anterior se afirma, en razón a que la diferencia de los rangos de la variable diámetro externo, es menor en comparación con los rodales A y D, para los cuales los valores de rango son de a 28.98 mm y 29.90 mm, respectivamente, y 19.78 mm y 24.83 mm, para B y C, en el mismo orden. Mostrando menor variabilidad en los diámetros, lo que facilitaría el diseño e instalación de la guadua de estas zonas como tubería de drenaje agrícola, respecto a los demás rodales. Por otro lado, en el comportamiento mecánico se visualizan mayores valores en resistencia a compresión perpendicular, de 7.547 MPa y 7.274 MPa para los rodales C y B, respectivamente, estando 10.3% por encima de los arrojados por D y A.

En cuanto a los modelos de perforación, se exalta el comportamiento presentado por el modelo tipo E, hallándose una diferencia de tan solo 0.33 MPa respecto al modelo de perforación tipo P, en cuanto a resistencia a compresión perpendicular se refiere, y de 11.48 MPa de diferencia en módulo de elasticidad. Por tanto, este tipo de perforación presenta mayor rigidez, lo que proporciona un comportamiento elástico mayor a la hora de usar como tubería de drenaje agrícola.

8. Conclusiones

Los rodales Berlín La Esperanza, Villa María, El Limón y Villa Liliana, cuentan con un número aproximado de 1382, 10343, 20490 y 2849 tallos por el área total de los mismos, estando por encima de la densidad mínima total de 2000 tallos por hectárea establecido en la Resolución 1740 de 2016, como requisito para aprovechamiento forestal.

La capacidad de regeneración natural de los rodales Berlín La Esperanza, Villa María, El Limón y Villa Liliana es de 0.10, 0.14, 0.13 y 0.12 rebrotes/ m^2 . El 78.8% del total de los culmos son sanos para el caso del predio Berlín La Esperanza, seguido por 88.9%, 92.8% y 94.6% para los rodales El Limón, Villa Liliana y Villa María.

En referencia al diámetro externo, el promedio para la sección media de las cuatro zonas (A, B, C, y D) es igual a 113.94 mm, resaltando los predios Villa María (B) y El Limón (C) con los valores más altos de diámetro. Por otro lado, el espesor de pared se asemeja en el comportamiento al diámetro, presentando mayor espesor en el predio Villa María seguido por el predio El Limón con valores de 15.22 mm y 14.43 mm, respectivamente.

El promedio del contenido de humedad de las 122 probetas ensayadas fue de 140.62% y desviación estándar de 15.49%, distinguiendo un valor de 139.49% y 142.55%, para las probetas pertenecientes a la perforación P y E.

La exploración y el estudio de forma realizado a las 136 probetas permitió la exclusión de 14 probetas con datos anormales, el contraste de hipótesis validó la normalidad de los residuos con la prueba de bondad de ajuste con un *p-valor* de 0.9484, la homocedasticidad y la aleatoriedad de los residuos para el análisis multifactorial de la resistencia a la compresión perpendicular de probetas de la sección media.

El análisis de varianza multifactorial para la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra en la sección media de la guadua de las cuatro procedencias arrojó un *p-valor* de 0.0531, indicando que la procedencia no es estadísticamente significativa sobre los resultados.

El tipo de perforación no es un factor determinante sobre la resistencia a la compresión perpendicular de la sección media con valor de *p* igual a 0.2554.

El efecto de la interacción zona de procedencia y perforación (AB) no es significativo, el valor de p fue de 0.9921.

La prueba de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey, arrojó que no hay diferencias estimadas entre cada par de media para resistencia por zona de procedencia y perforación con un nivel de confianza del 95%. De igual forma, la media LS es mayor por zona de procedencia en los predios El Limón y Villa María para resistencia a la compresión perpendicular con 7.547 MPa y 7.274 MPa, respectivamente.

La media para resistencia a la compresión perpendicular a la fibra es mayor en probetas de tipo de perforación P que en E, con valores de 7.175 MPa y 6.840 MPa en el mismo orden.

El valor característico a compresión perpendicular para la sección media de las cuatro zonas para el grupo de probetas P es 4.79 MPa y para el grupo de perforación E, 3.51 MPa, superando el valor registrado por Ardila Pinilla (2013) para la sección media, por otro lado, el valor característico de las probetas sección media - tipo de perforación P es mayor que los valores registrados por López y Salcedo (2016) para las probetas de los grupos SA y SB, de todas las zonas. Adicional, se indica que los valores característicos para los dos tipos de perforación supera el establecido en la NSR-10.

El esfuerzo admisible modificado por contenido de humedad a compresión perpendicular para las cuatro zonas de las probetas tipo perforación P y E fue de 1.78 MPa y 1.30 MPa. El esfuerzo admisible de la perforación P supera los valores de la NSR-10, Ardila Pinilla (2013) y López y Salcedo (2016). Por otro lado, la perforación E está a 0.1 MPa de la NSR-10, supera a Ardila Pinilla (2013) y López y Salcedo (2016) grupo SB.

El módulo de elasticidad circunferencial para la sección media de la guadua para las cuatro zonas y la perforación P y E, fue de 104.49 MPa y 115.97 MPa, ambos valores por debajo del M.E.C. arrojado por el proyecto MADRC y el estudio de López y Salcedo (2016).

A pesar de que no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los factores y niveles de factor, la observación de los datos permite exaltar un comportamiento destacado para tubería de drenaje agrícola en los rodales Villa María y El Limón, debido a la

menor variabilidad en el diámetro externo y la resistencia a la compresión perpendicular superior. De igual forma, se destaca el modelo de perforación E con un valor de 115.97 MPa respecto a un valor de 104.49 MPa para el modelo P, respecto a módulo de elasticidad.

9. Recomendaciones

Se recomienda realizar el estudio de la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra en probetas de guadua perforada para tubería de drenaje agrícola en las secciones inferior y superior de la guadua.

Se recomienda hacer uso de diferentes distribuciones de las perforaciones, así como diámetros que sean inferiores y superiores a 5/16”.

Por otro lado, se propone analizar los factores procedencia y contenido de humedad para el módulo de elasticidad y el efecto de la deformación en el módulo de elasticidad, a sollicitaciones de ensayo a la compresión perpendicular a la fibra, en probetas de guadua perforadas para tubería de drenaje agrícola.

10. Referencias

- Alarcón Gutiérrez, J. & Olarte Flórez, J. (2013). *Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la guadua angustifolia del municipio de Pitalito-Huila* [Tesis pregrado, Universidad Surcolombiana].
<https://doi.org/10.22490/ecapma.2948>.
- Ardila Páez, W.F. y Garzón Hernández, L.F. (2017) *Investigación resistencia a compresión de la guadua Angustifolia en estado de fotodegradación* [Tesis tecnólogo, Universidad la Gran Colombia].
- Ardila Pinilla, C. L. (2013). *Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú Guadua angustifolia Kunth del departamento del Tolima, Colombia* [Tesis de Postgrado, Universidad Nacional de Colombia].
- Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica (1997). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistentes NSR- 10. Bogotá.
- Bambusa.es. (2018). *Bambú en detalle*. <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>.
- Camargo García, J.C. y Suarez Franco, J.D. (2013). Resistencia a la compresión y al corte de culmos de *Guadua angustifolia* después de la perforación del diafragma del nudo. *Revista Colombia forestal*, 17(1), 117-124.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.1.a07>.
- Capera Osorio, A.F. & Erazo Espinosa W.J. (2012) *Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la guadua angustifolia del Municipio de Pitalito-Huila* [Tesis de Pregrado, Universidad Surcolombiana].
<https://doi.org/10.29097/2011-639x.182>
- Carvajal Buenahora, M.F. y González Barragán, E.A. (2012) *Comparación de los módulos de elasticidad de concreto normal, con el ensayo de compresión y el ensayo de flexión* [Tesis de Pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana].
<https://doi.org/10.3989/ic.1976.v29.i282.2745>.
- Cisneros Almazán, R. (2003). *Apuntes de la Materia de Riego y Drenaje* [Archivo PDF].
<http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf>.

Norma Unificada en Guadua. Proyecto Manejo Sostenible de Bosques en Colombia. 30 de septiembre de 2013.

Cruz Hernández, C.A. (2019). *Determinación de características del bambú como tubería temporal a través del modelo de un banco hidráulica* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia].

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23637/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20N%2040.pdf>.

Cruz, R. (1995). *Drenajes* [Archivo PDF].

https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p211-233.pdf.

De La Rosa Cubillos, W. J. y Vargas Rincón, W. X. (2019) *Identificación y análisis de patologías en la guadua Angustifolia Kunth utilizada en la construcción* [Tesis pregrado, Universidad Católica de Colombia].

Durman by Aliaxis. (2010). *Tubería TDP para Drenaje de /hacia terrenos* [Archivo PDF].

<https://www.durman.com/descargas/tdp/guia/tuberiaparadrenaje%20Vs.%201.0.pdf>

Dauber, E. (1995). *Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento*. [Archivo PDF].

Giraldo Apolinar, J.A. (2011) *Pruebas de anillos para determinar las constantes elásticas de los nudos de la guadua Angustifolia* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Valle].

Giraldo Gallo, D.I. y Delgado Osorio, D. (2019) *Determinación del módulo de elasticidad en concreto mediante calibres extensiométricos (Strain Gages)* [Tesis de Pregrado, Universidad libre].

Grajales López, C.A. (2014). Administración científica de aprovechamientos forestales de guadua. *Revista Lámpasakos*, 12, 62-70. <https://doi.org/10.21501/21454086.1341>.

Gutiérrez González, M. y Takeuchi Tam, C. P. (2014). Efecto del contenido de humedad en la resistencia a la tensión paralela a la fibra del bambú de guadua Angustifolia Kunth. *Revista Scientia et Technica*. 19(3),245-250. <https://doi.org/10.22517/23447214.9117>.

- Instituto Colombiano De Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC (2007). Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua *Angustifolia Kunth*. (NTC 5525). Bogotá.
- Instituto Colombiano De Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC (2007). Preservación y secado del culmo de guadua *Angustifolia Kunth*. (NTC 5301). Bogotá.
- Instituto Colombiano De Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC (2008). Cosecha y postcosecha del culmo de Guadua *Angustifolia Kunth*. (NTC 5300). Bogotá.
- Instituto Colombiano De Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC (2009). Inventario de rodales de Guadua *Angustifolia Kunth* para aprovechamiento con fines comerciales. (NTC 5726). Bogotá.
- Instituto Colombiano De Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC (2013). Tuberías de drenaje de policloruro de vinilo rígido (PVC-U). Dimensiones, requisitos y ensayos. (NTC 6820). Bogotá D.C.
- Londoño, X. (1990). Aspectos sobre la distribución y la ecología de los bambúes de Colombia (POACEAE: BAMBUSOIDEAE). *Revista Caldasia*. 16(77), 139-153.
- Londoño, X. (2002). Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos del bambú del nuevo mundo. *Módulo guadua*. Universidad Nacional de Colombia.
- López Muñoz, L.F. (2008). *Estudio exploratorio del potencial estructural de laminados de guadua* [Tesis de Maestría, Universidad de los Andes].
- López, G. y Salcedo, J. (2016). *Resistencia a compresión perpendicular y determinación del módulo de elasticidad circunferencial de la guadua Angustifolia kunth del municipio de Pitalito-Huila* [Tesis de Pregrado, Universidad Surcolombiana].
<https://doi.org/10.29097/2011-639x.182>.
- Martínez, P. y Azuaga, M. (1997). *Medición del módulo de elasticidad de Young*.
https://www.fisicarecreativa.com/informes/infor_mecanica/young97.pdf
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADRC), (2010). Validación de la *Guadua Angustifolia* como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles. Universidad Nacional de Colombia.

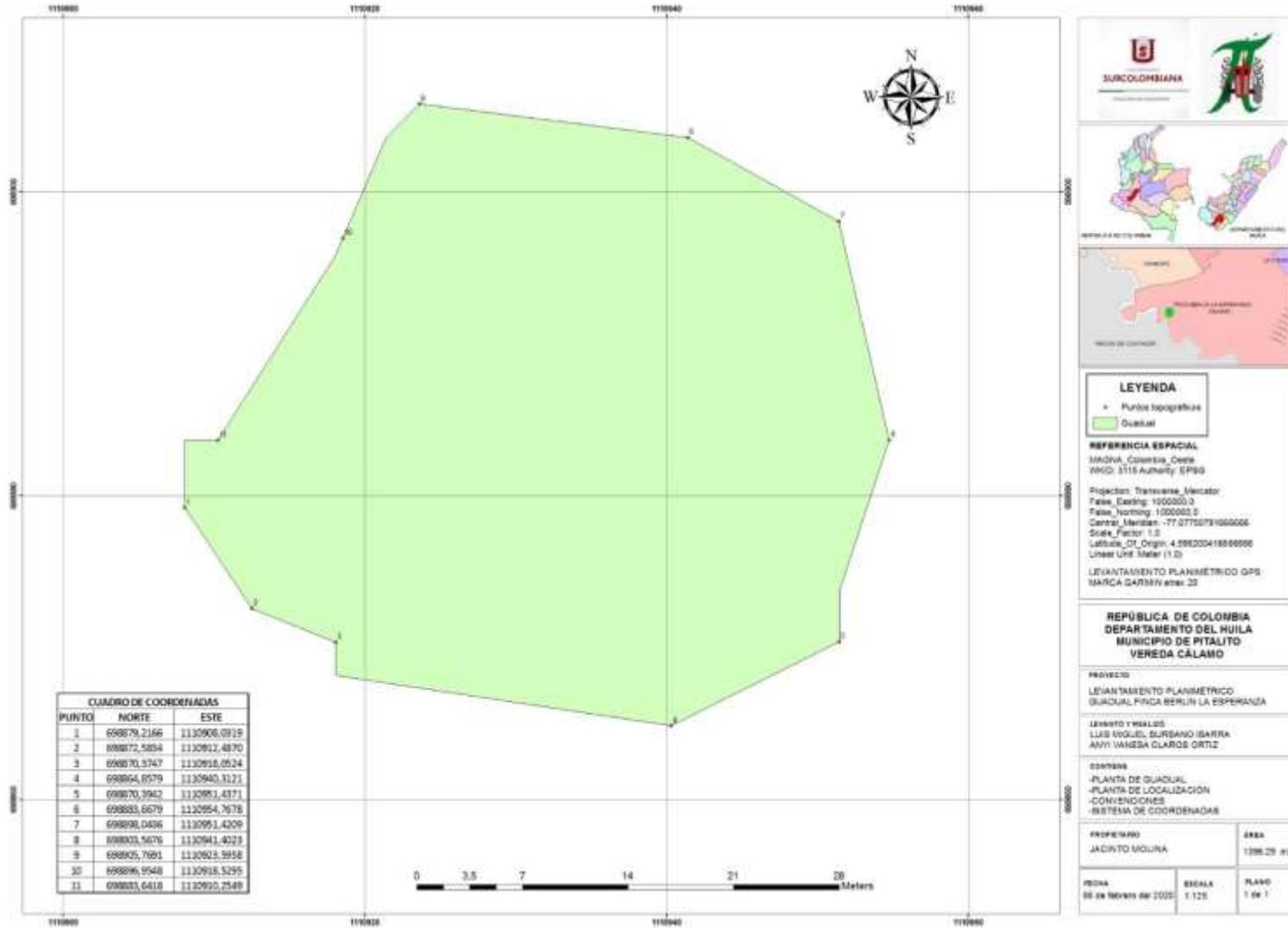
- Moreno Montoya, L.E., Osorio Serna, L. R., Trujillo De Los Ríos, E.E. (2006). Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de guadua angustifolia. *Ingeniería y Desarrollo*, 20, 125-133.
- Namuche Vargas, J.R., Olvera Salgado, M.D., Saucedo Rojas, H.E., Fuentes Ruiz, C. y Arellano Monterrosas, J.L. (2019). Desarrollo y Evolución del Drenaje Agrícola en México. *Revista Ingeniería Agrícola*, 9(4).
- Nova Ávila, J.S. (2018). *Diseño de obra de bioingeniería para el manejo en procesos de remoción en masa y aguas superficiales en el cerro de banderas Soacha* [Tesis de Pregrado, Universidad de la Salle]. <https://doi.org/10.35537/10915/66733>
- Osorio Saraz, J.A., Espinosa Bedoya, A. y García Galeano, E.A. (2009). Evaluación de las propiedades mecánicas de la estructura interna de la Guadua con un modelo matemático. *Revista Scielo*, 76(160).
- Ortega, L. y Sagado, L. (2001). *Drenaje en suelos agrícolas*. [Archivo PDF]. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/9696/CNR-0165.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortegón, A. (2004). Metodología para la realización de estudios de drenaje a nivel predial. *Revista Palmas*, 25(2), 127-136.
- Pacheco Puentes, C.A. (2006). *Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra de la Guadua Angustifolia* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Colombia].
- Perea Rivas, J.J., Villegas Ramos, J.P., Cerquera Bahamon, Y. y Cortés, M.P. (2003). *Evaluación y documentación de prácticas sobresalientes sobre el manejo de la cosecha y maduración de la guadua en el Departamento del Huila. Neiva*. <https://doi.org/10.22490/21456453.1622>.
- Pytel, A. y Singer, F.L. (1994). *Resistencia de materiales*. Oxford University Press Mexico. S.A. de C.V.
- Ramírez Gálvez, C.F. (2019). *Análisis de las propiedades mecánicas de la guadua expuesta y no expuesta a rayos UV mediante técnicas estadísticas* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia].
- Ramos Mateus, L.F. y Torres Rico, M.A. (2018). *Revisión de literatura para hallar los factores determinantes en la producción y uso de la guadua* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia].

- Resolución 1740 de 2016 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se establecen lineamientos generales para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guaduales y bambusales y se dictan otras disposiciones. 24 de octubre de 2016.
- Rivera Posada, J.H. (2011). Sistema de drenaje con filtros vivos para la estabilización y restauración de movimientos masales en zonas de ladera. *Revista Cenicafé*, 64(2), 1-12.
- Salas Delgado, E. (2006) *Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia* [Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña].
- Sánchez, S.A. & Córtes Sánchez, B. (2016). Caracterización del uso productivo de la guadua *Angustifolia* en el sur del departamento del Huila. *Erasmus Semilleros de Investigación*. 1(1),26-29.
<https://journalusco.edu.co/index.php/erasmus/article/view/1363>.
- Sánchez, Y., Gallardo, A. y Delgado, R. (2018). Comparación de la resistencia de compresión en madera nativas. *Revista RIC*, 4 (Especial), 52-56.
- Torres, L.A., Ghavami, K. & García, J.J. (2007). A transversely isotropic law for the determination of the circumferential Young`s Modulus of Bamboo with diametric compression tests. *Latin American Applied Research*, 37,255-260.
- Uribe Fandiño, C.A. (13 de julio de 1999). La guadua, una sola realidad: vida. *El Tiempo*.
<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-876311>.
- Uribe Vallejo, M. y Durán Contreras, A. (2002) *Estudio de elementos solicitados a compresión armados por tres guaduas* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia].
- Viafara Carabali, E. (2013) *Descripción de la producción y potencialidad de la guadua en el Valle del Cauca* [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma de Occidente].
- Zaragoza Hernández, I., Borja De La Rosa, A., Zamudio Sánchez, F.J., Ordoñez Calendaría, V.R. & Bárcenas Pazos, G.M. (2014). Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata Rupr.*) de la región nororiental del estado de Puebla, México. *Revista Maderas y Bosques*, 20(3), 87-96. <https://doi.org/10.21829/myb.2014.203154>.

ANEXOS

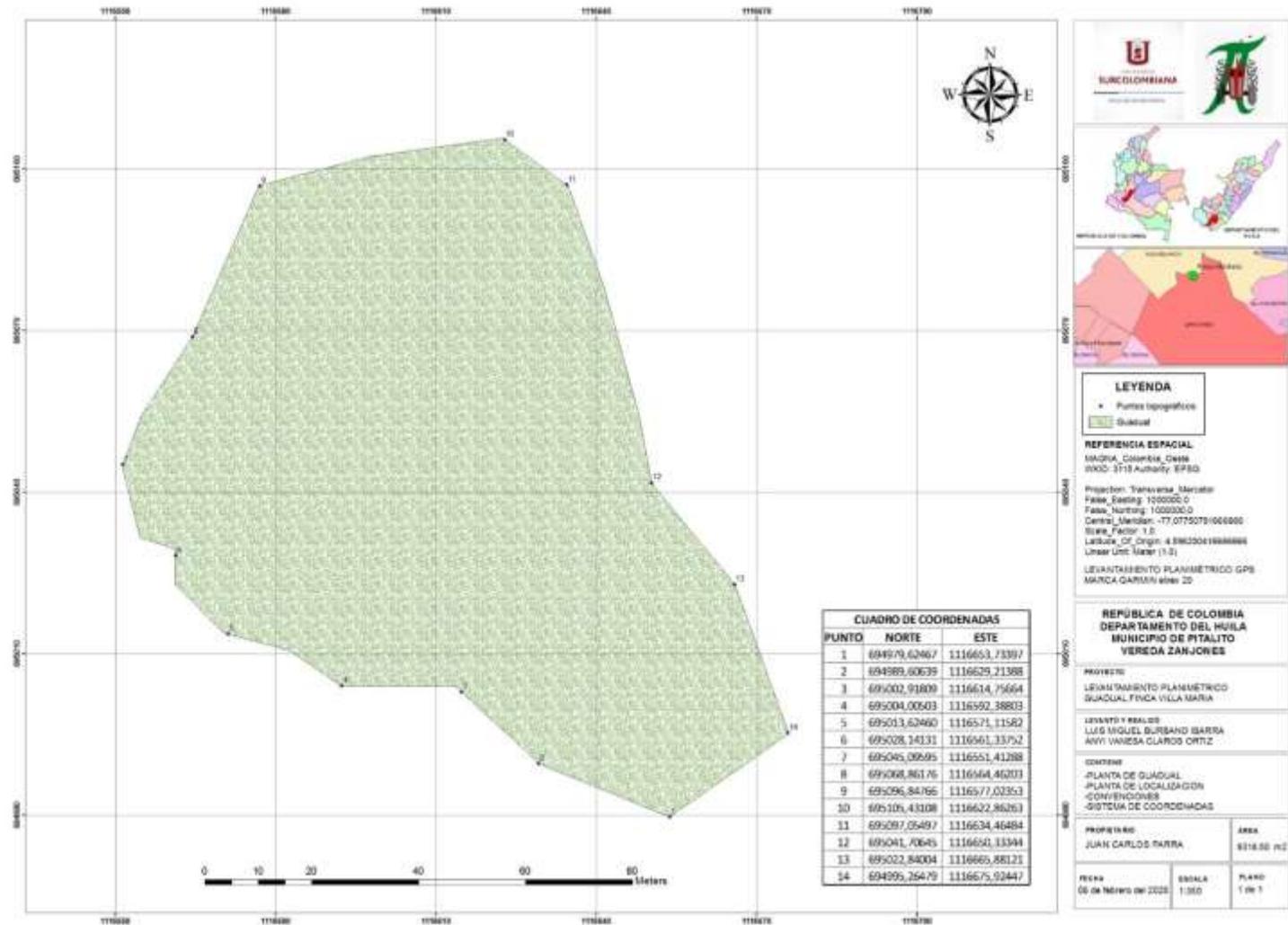
ANEXO 1

Levantamiento planimétrico rodal Berlín La Esperanza, Vereda Cálamo.



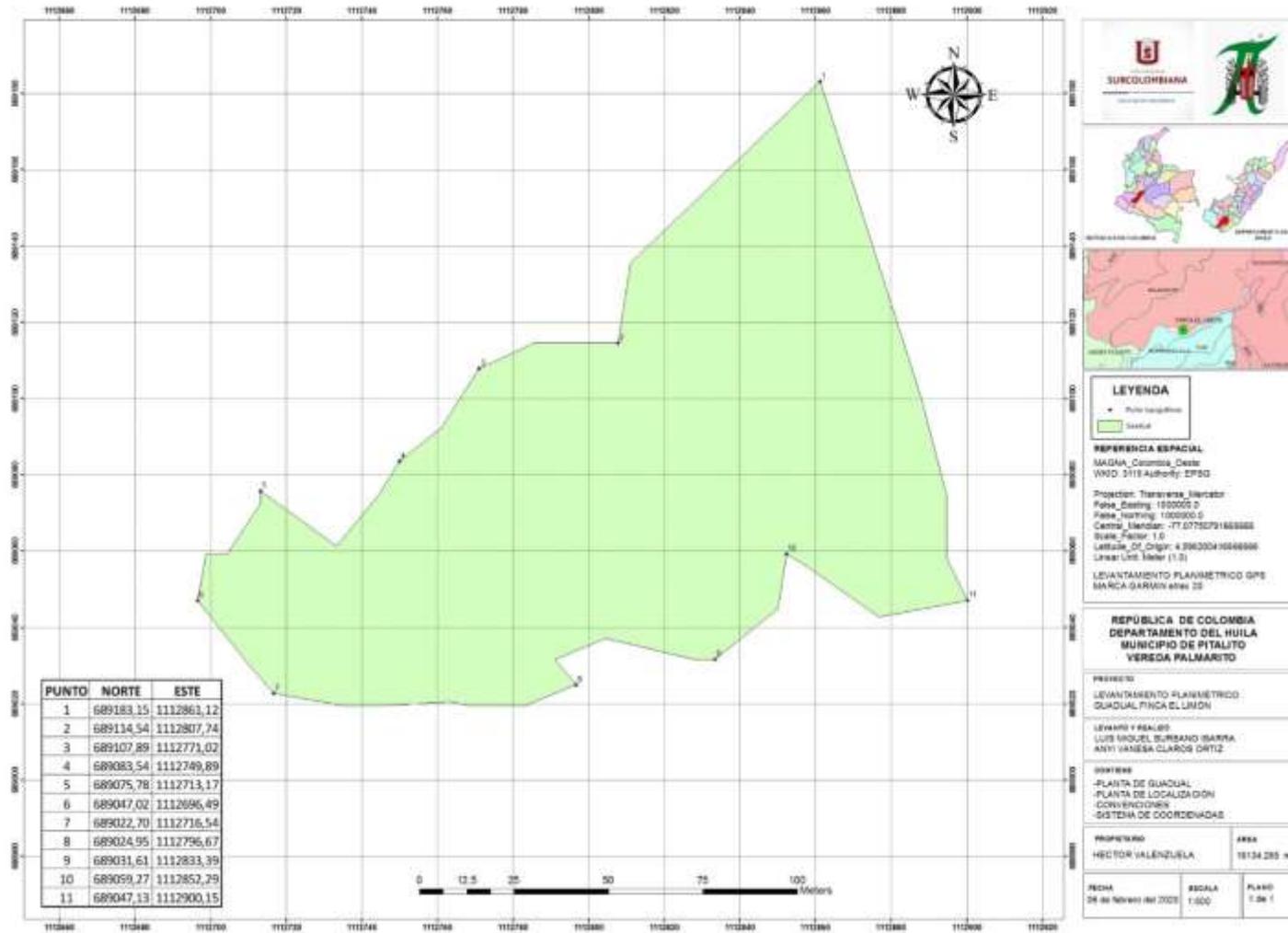
ANEXO 2

Levantamiento planimétrico rodal Villa María, Vereda Zanjones.



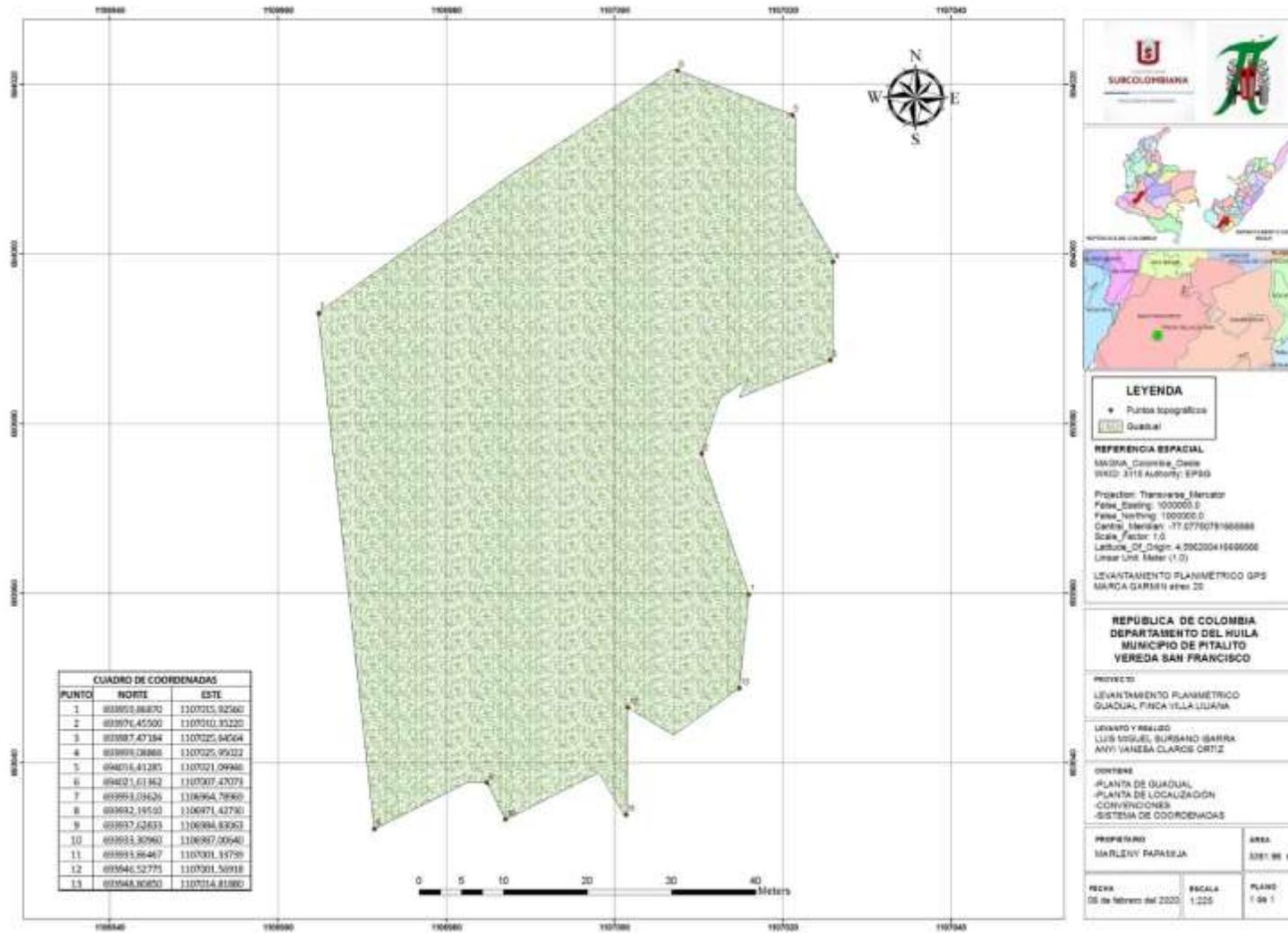
ANEXO 3

Levantamiento planimétrico rodal El Limón, Vereda Palmarito.



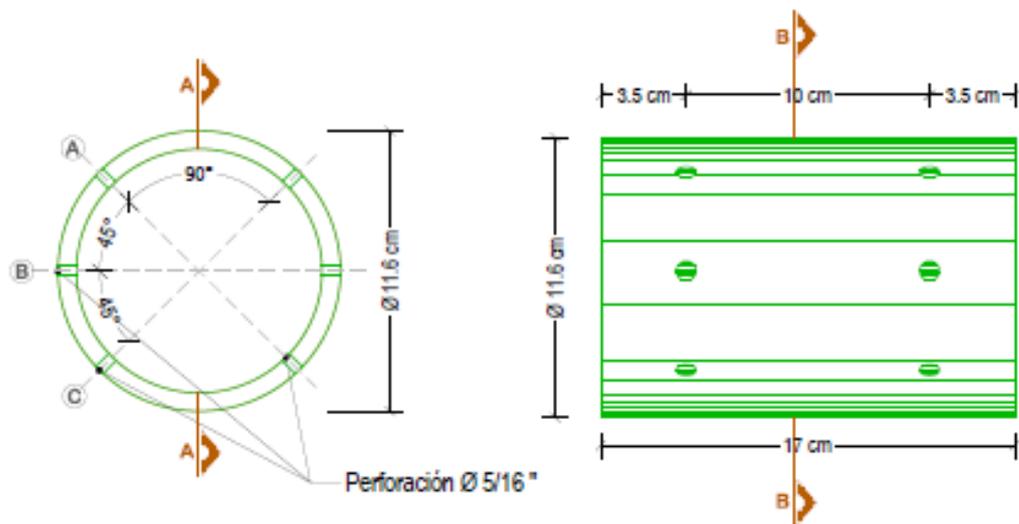
ANEXO 4

Levantamiento planimétrico rodal Villa Liliana, Vereda San Francisco.



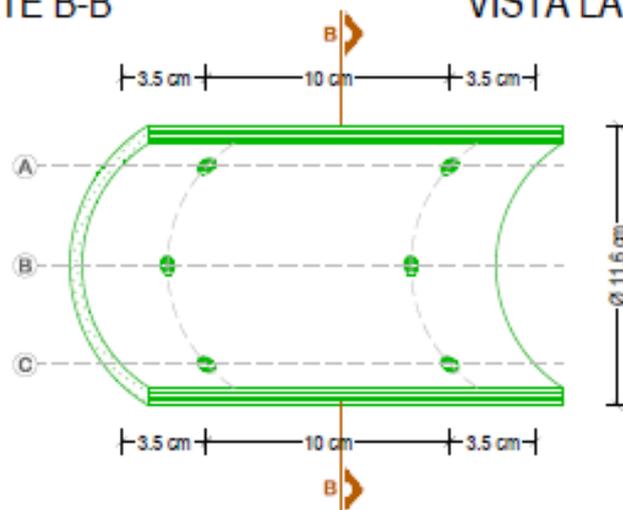
ANEXO 5

Diseño 3D tipo de perforación P.



CORTE B-B

VISTA LATERAL

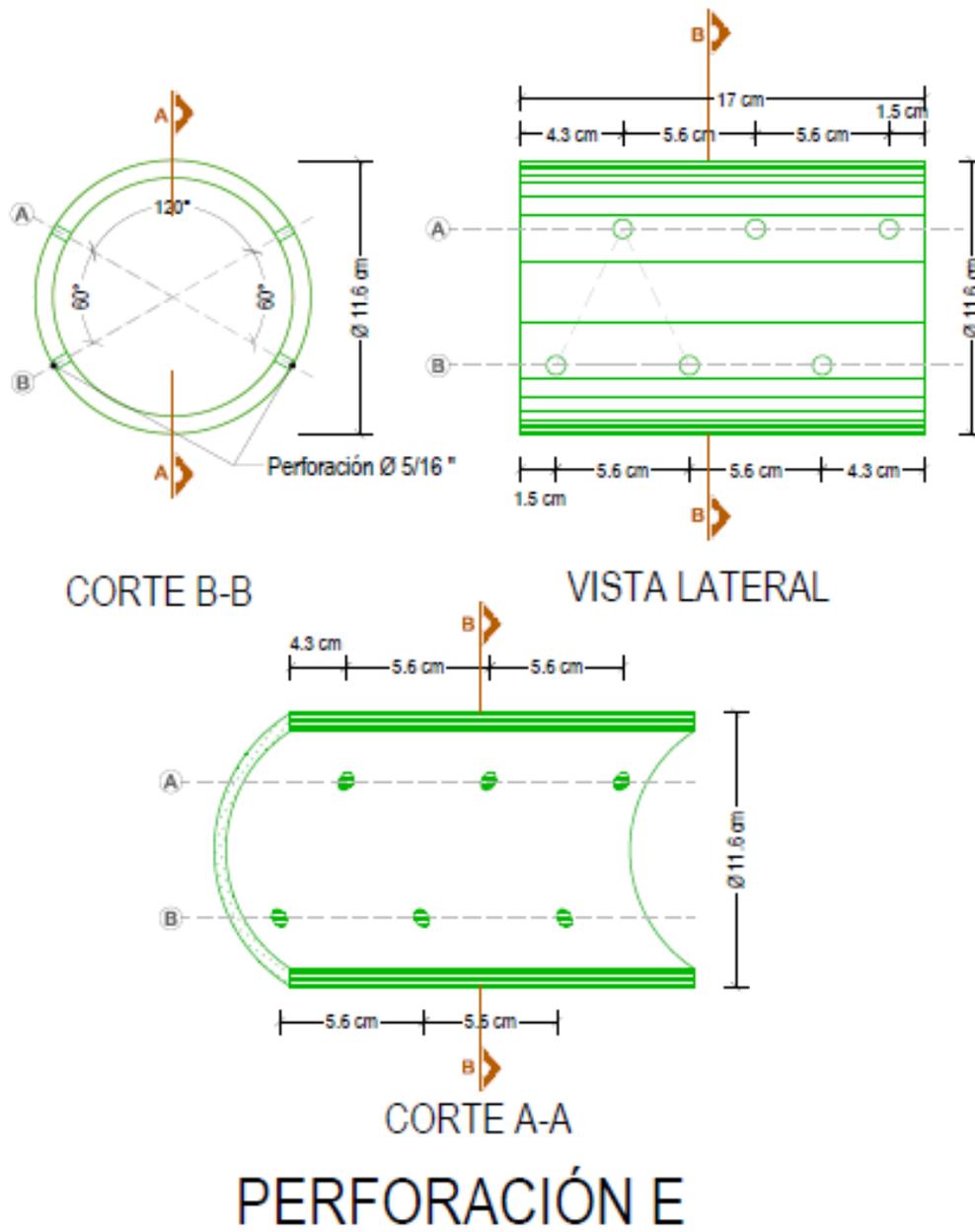


CORTE A-A

PERFORACIÓN P

ANEXO 6

Diseño 3D tipo de perforación.



ANEXO 7

Caracterización parcela N° 1, predio Berlín La Esperanza, vereda Cálamo.

CARACTERIZACIÓN DE FORMACIÓN DE BAMBÚ													
PAIS		COLOMBIA					PREDIO			BERLIN LA ESPERANZA			
DEPARTAMENTO		HUILA					RESPONSABLE			JACINTO MOLINA			
MUNICIPIO		PITALITO					No. PARCELA			1			
VEREDA		CÁLAMO					ÁREA			100 m2			
DATOS SOBRE LOS TALLOS													
N°	Estado de madurez				CAP (cm)	DAP (cm)	Estado sanitario			Calidad del tallo			Distanciamiento entre nudo (cm)
	R	J	M	SM			S	AI	AH	R	D	MD	
1	X				51,0	16,2	X				X		15,5
2			X		40,0	12,7	X				X		15,4
3	X				40,7	12,9	X				X		18,2
4		X			43,5	13,8	X				X		13,8
5				X	43,0	13,6		X				X	18,0
6				X	35,0	11,1	X				X		16,0
7				X	35,6	11,3	X				X		15,5
8			X		33,0	10,5		X			X		14,0
9			X		38,5	12,2	X				X		13,0
10			X		35,0	11,1	X				X		15,0
11				X	39,0	12,4		X			X		13,0
12				X	46,5	14,8	X					X	13,0
13		X			51,0	16,2	X				X		21,0
14				X	41,0	13,0	X				X		12,0
15		X			44,0	14,1	X				X		16,0
16		X			31,0	9,8	X				X		14,0
17				X	33,0	10,5		X			X		15,0
18			X		49,0	15,6	X				X		14,0
19		X			40,0	12,7	X				X		12,0
20			X		43,0	13,6	X				X		15,0
21			X		45,0	14,3	X				X		16,5
22			X		44,0	14,0	X				X		18,0
23		X			50,0	15,9	X				X		16,0
24			X		37,0	11,7	X				X		14,0
25			X		38,0	12,1	X				X		15,0
26			X		45,0	14,3	X				X		15,0
27		X			52,0	16,5	X				X		15,0
28		X			49,0	15,6	X				X		13,0
29			X		46,0	14,6	X				X		16,5

30		X		44,0	14,0	X			X			17,0
31		X		38,0	12,1	X			X			13,0
32	X			46,0	14,6	X			X			14,0
33		X		38,0	12,1	X			X			15,2
34		X		36,0	11,4		X		X			13,1
35		X		39,0	12,4	X				X		14,0
36	X			36,0	11,4	X			X			15,0
37		X		39,0	12,4	X			X			14,4
38		X		38,0	12,1		X		X			14,0
39			X	39,0	12,4		X		X			13,5
40	X			47,0	14,9		X				X	15,0
41		X		44,5	14,1	X			X			14,8
42		X		49,0	15,6	X			X			15,0
43		X		46,0	14,6	X			X			14,0
44	X			48,0	15,2	X				X		12,0
45		X		46,5	14,8	X			X			15,0
46		X		33,0	10,5	X			X			19,8
47	X			37,0	11,7	X			X			17,3
48			X	40,0	12,7	X				X		19,2
49	X			33,0	10,5	X			X			14,3
50	X			35,5	11,3	X			X			12,4
51		X		49,0	15,6	X			X			14,3
52		X		35,0	11,1	X			X			18,0
53		X		37,5	11,9		X			X		15,8
54	X			41,5	13,2	X			X			18,3
55			X	44,0	14,0	X					X	13,5
56		X		37,0	11,7	X			X			13,8
57		X		33,0	10,5	X				X		18,1
58		X		42,0	13,3	X			X			17,8
59		X		48,0	15,2	X				X		15,9
60		X		50,0	15,9	X			X			16,4
61			X	33,0	10,5	X			X			17,5
62	X			38,0	12,1	X			X			17,0
63		X		43,0	13,6	X				X		13,8
64		X		45,5	14,4	X				X		18,2
65		X		37,0	11,7	X				X		17,1
66		X		37,5	11,9		X		X			17,4
67		X		39,0	12,4		X			X		14,9
68		X		40,0	12,7	X			X			16,0
69			X	40,5	12,8	X			X			20,1
70		X		39,0	12,4	X			X			17,0
71		X		32,0	10,1	X			X			17,1
72			X	37,0	11,7	X			X			15,9
73		X		40,0	12,7	X			X			14,5

74		X		38,5	12,2	X			X		13,0
75		X		37,0	11,7	X			X		17,0
76		X		45,0	14,3	X			X		13,0
77	X			37,0	11,7		X			X	14,2
78	X			48,0	15,2		X			X	13,0
79		X		44,0	14,0	X			X		14,2
80		X		33,5	10,6	X				X	14,3
81		X		32,5	10,3	X				X	15,2
82	X			50,0	15,9	X			X		16,3
83	X			36,5	11,6			X	X		17,5
84	X			35,0	11,1	X			X		15,8
85	X			37,0	11,7	X			X		16,6
86		X		49,0	15,6		X			X	15,8
87	X			33,0	10,5	X			X		17,3
88			X	45,0	14,3	X				X	17,5
89		X		42,0	13,3	X			X		14,8
90	X			46,0	14,6	X			X		18,1
91			X	50,0	15,9		X			X	19,0
92		X		37,0	11,7	X			X		15,8
93	X			46,0	14,6		X		X		13,4
94			X	30,5	9,7		X		X		17,9
95		X		42,0	13,3	X			X		15,0
96			X	46,0	14,6		X		X		19,2
97			X	48,0	15,2		X			X	14,3
98		X		31,0	9,8	X			X		16,7
99			X	41,0	13,0	X			X		15,6
100			X	39,0	12,4		X			X	16,1
101			X	31,0	9,8	X			X		17,3
102			X	35,5	11,3	X				X	18,6
103		X		43,0	13,6	X			X		14,2
104		X		37,5	11,9	X				X	15,1
105		X		51,0	16,2	X			X		16,4
106	X			34,0	10,8	X			X		20,2
107	X			43,5	13,8	X			X		12,8
TOTAL										107	

ANEXO 8

Caracterización parcela N° 2, predio Berlín La Esperanza, vereda Cálamo.

CARACTERIZACIÓN DE FORMACIÓN DE BAMBÚ			
PAIS	COLOMBIA	PREDIO	BERLIN LA ESPERANZA

DEPARTAMENTO		HUILA				RESPONSABLE			JACINTO MOLINA				
MUNICIPIO		PITALITO				No. PARCELA			2				
VEREDA		CÁLAMO				ÁREA			100 m2				
DATOS SOBRE LOS TALLOS													
N°	Estado de madurez				CAP (cm)	DAP (cm)	Estado sanitario			Calidad del tallo			Distanciamiento entre nudo (cm)
	R	J	M	SM			S	AI	AH	R	D	MD	
1			X		42,6	13,5	X			X			15,3
2		X			31,4	10,0	X			X			13,8
3			X		36,1	11,5	X			X			12,0
4			X		34,2	10,9	X				X		12,5
5			X		43,0	13,7	X					X	18,2
6	X				44,3	14,1		X		X			17,8
7	X				38,6	12,3	X			X			8,5
8	X				42,4	13,5	X			X			9,2
9		X			36,4	11,6	X			X			10,2
10			X		30,4	9,7	X			X			12,1
11				X	27,0	8,6	X					X	14,5
12		X			30,4	9,7	X			X			16,7
13		X			42,1	13,4	X			X			19,0
14		X			26,0	8,3	X			X			16,0
15				X	37,3	11,9	X			X			12,5
16				X	51,2	16,3	X			X			13,0
17			X		49,0	15,6	X			X			14,0
18		X			37,0	11,8	X			X			17,0
19				X	34,5	11,0		X			X		15,0
20			X		30,1	9,6		X			X		16,5
21			X		27,3	8,7	X			X			12,2
22			X		30,1	9,6	X			X			15,4
23			X		31,1	9,9	X			X			16,7
24				X	45,5	14,5	X			X			13,0
25			X		27,9	8,9	X			X			14,2
26		X			42,7	13,6	X			X			13,5
27				X	37,3	11,9	X				X		15,0
28			X		36,1	11,5			X	X			14,0
29				X	26,0	8,3			X	X			15,2
30				X	34,2	10,9		X		X			11,0
31			X		45,5	14,5	X			X			9,0
32				X	43,3	13,8		X		X			14,0
33				X	35,1	11,2	X			X			13,2
34				X	52,7	16,8	X				X		11,5
35				X	46,1	14,7	X			X			14,5
36				X	46,8	14,9	X			X			12,0

37			X		40,8	13,0	X			X				13,0
38			X		30,7	9,8	X			X				15,0
39		X			38,3	12,2	X			X				15,5
40	X				51,8	16,5	X			X				13,8
41		X			25,1	8,0	X			X				15,5
42	X		X		38,9	12,4		X		X				16,0
43		X			51,2	16,3		X		X				13,6
44			X		37,3	11,9	X			X				15,2
45			X		45,5	14,5			X	X				13,5
46			X		39,9	12,7	X			X				14,0
47		X			29,8	9,5			X	X				16,0
48				X	33,6	10,7	X					X		13,8
49				X	27,9	8,9	X						X	15,2
50		X			41,4	13,2		X		X				13,8
51			X		42,7	13,6	X			X				16,7
52			X		46,1	14,7	X			X				12,6
53			X		39,2	12,5	X			X				13,5
54				X	43,6	13,9		X		X				14,0
55				X	42,7	13,6	X			X				14,4
56		X			44,6	14,2		X		X				18,0
57		X			37,0	11,8		X		X				15,7
58				X	40,5	12,9	X			X				18,1
59			X		30,7	9,8	X			X				15,4
60	X				40,5	12,9	X			X				13,8
61			X		43,3	13,8	X			X				14,0
62			X		36,4	11,6		X		X				13,0
63	X				34,5	11,0	X			X				12,6
64		X			28,2	9,0	X			X				16,6
65				X	49,0	15,6	X			X				15,2
66			X		52,1	16,5	X					X		13,8
67				X	30,1	9,6	X			X				12,9
68				X	26,3	8,4	X			X				14,2
69			X		32,9	10,5	X			X				19,8
70			X		46,1	14,7	X					X		17,3
71			X		41,4	13,2	X						X	14,3
72				X	36,7	11,7	X					X		12,4
73				X	34,2	10,9	X					X		15,8
74		X			43,0	13,7		X		X				18,3
75				X	46,5	14,8		X		X				13,5
76		X			40,8	13,0	X			X				18,1
77		X			35,1	11,2	X			X				13,8
78				X	26,7	8,5		X		X				15,9
79			X		30,1	9,6	X			X				16,4
80		X			33,6	10,7	X			X				17,5

81		X		40,2	12,8		X		X		18,2
82		X		23,8	7,6	X		X			13,4
83		X		29,8	9,5	X		X			12,2
84	X			29,2	9,3	X		X			9,6
85		X		32,9	10,5	X		X			7,8
86		X		35,1	11,2	X		X			9,5
87		X		45,5	14,5	X		X			10,6
88	X			25,1	8,0	X		X			11,6
89	X			28,9	9,2	X		X			11,2
90			X	27,0	8,6		X	X			12,0
91		X		36,7	11,7	X		X			15,4
92	X			35,1	11,2	X			X		10,0
TOTAL											92

ANEXO 9

Caracterización parcela N° 1, predio Villa María, vereda Zanjones.

CARACTERIZACIÓN DE FORMACIÓN DE BAMBÚ													
PAIS		COLOMBIA				PREDIO			VILLA MARIA				
DEPARTAMENTO		HUILA				RESPONSABLE			JUAN CARLOS PARRA				
MUNICIPIO		PITALITO				No. PARCELA			1				
VEREDA		ZANJONES				ÁREA			100 m2				
DATOS SOBRE LOS TALLOS													
N°	Estado de madurez				CAP (cm)	DAP (cm)	Estado sanitario			Calidad del tallo			Distanciamiento entre nudo (cm)
	R	J	M	SM			S	AI	AH	R	D	MD	
1			X		37,1	11,8	X			X			20,6
2			X		31,4	10,0	X			X			16,8
3			X		45,6	14,5	X			X			19,2
4			X		52,8	16,8	X			X			16,7
5				X	30,5	9,7	X			X			14,1
6				X	33,3	10,6	X			X			17,2
7				X	39,9	12,7	X			X			12,8
8				X	30,2	9,6	X			X			14,3
9		X			33,0	10,5	X			X			13,7
10		X			44,6	14,2	X			X			15,5
11			X		42,7	13,6	X			X			18,1
12			X		42,1	13,4		X		X			16,4

13		X		36,4	11,6	X		X		15,9
14		X		37,7	12,0	X		X		13,6
15		X		41,5	13,2	X			X	11,9
16		X		44,3	14,1	X		X		15,0
17		X		40,2	12,8	X		X		16,2
18		X		30,5	9,7	X		X		14,2
19		X		32,7	10,4	X		X		13,9
20		X		35,5	11,3	X		X		19,0
21		X		31,1	9,9	X		X		15,7
22		X		33,6	10,7	X		X		14,6
23			X	45,6	14,5	X		X		17,9
24			X	41,2	13,1	X		X		18,5
25	X			40,8	13,0	X		X		14,3
26		X		30,2	9,6	X		X		13,2
27			X	34,6	11,0		X		X	11,0
28		X		41,5	13,2	X		X		18,1
29	X			33,3	10,6	X		X		15,6
30		X		44,0	14,0	X		X		16,9
31		X		40,5	12,9	X		X		15,4
32		X		44,3	14,1	X		X		13,9
33		X		33,0	10,5	X		X		13,6
34		X		34,6	11,0	X		X		14,0
35		X		29,8	9,5	X		X		16,1
36		X		43,4	13,8	X		X		15,0
37	X			41,5	13,2	X		X		14,6
38	X			35,5	11,3	X		X		19,3
39	X			29,8	9,5	X		X		20,7
40		X		37,7	12,0		X	X		16,4
41	X			30,2	9,6	X		X		15,2
42		X		44,9	14,3	X		X		17,6
43		X		33,9	10,8	X		X		18,4
44		X		34,9	11,1	X		X		15,7
45		X		31,1	9,9	X		X		14,9
46			X	31,4	10,0	X		X		13,9
47			X	29,8	9,5	X			X	16,0
48		X		34,6	11,0	X		X		15,1
49		X		44,0	14,0	X		X		14,9
50			X	41,5	13,2	X		X		12,8
51		X		36,8	11,7	X		X		17,7
52		X		37,7	12,0	X		X		16,1
53		X		51,8	16,5	X		X		18,5

54		X		44,9	14,3	X		X		11,9
55		X		38,3	12,2	X		X		12,7
56		X		42,1	13,4	X		X		16,3
57		X		40,8	13,0	X		X		13,6
58		X		45,6	14,5	X		X		14,0
59	X			54,7	17,4	X		X		14,2
60			X	32,4	10,3		X		X	16,9
61			X	40,5	12,9	X		X		17,5
62			X	39,3	12,5	X		X		11,9
63		X		43,7	13,9	X		X		13,8
64			X	35,2	11,0	X		X		15,0
65	X			31,4	10,0	X		X		13,6
66		X		27,0	8,6	X		X		17,0
67			X	41,8	13,3	X		X		15,1
68		X		44,6	14,2	X		X		11,8
69		X		36,8	11,7	X		X		12,5
70		X		40,5	12,9	X		X		15,9
71			X	44,0	14,0	X		X		14,3
72		X		44,6	14,2	X		X		13,2
73		X		34,6	11,0	X		X		17,3
74		X		44,0	14,0	X		X		11,8
75		X		38,0	12,1	X		X		12,0
76		X		44,6	14,2	X		X		15,7
77		X		51,8	16,5	X		X		18,0
78		X		35,2	11,2	X		X		17,4
79			X	44,9	14,3	X		X		16,5
80		X		42,4	13,5	X		X		11,7
81		X		46,2	14,7	X		X		14,0
82		X		35,5	11,3	X		X		17,3
83		X		40,5	12,9	X		X		12,0
84		X		37,7	12,0	X		X		13,5
85		X		40,8	13,0	X		X		11,8
86		X		48,1	15,3	X		X		15,7
87		X		32,7	10,4	X		X		17,0
88	X			36,8	11,7	X		X		16,1
89	X			37,7	12,0	X		X		15,6
90		X		28,6	9,10	X		X		14,3
91		X		26,7	8,5	X		X		17,2
92		X		48,4	15,4	X		X		16,9
93		X		50,9	16,2		X	X		13,0
94		X		44,9	14,3	X		X		13,5

95		X		49,3	15,7	X		X		16,9
96		X		37,7	12,0	X		X		14,7
97		X		37,1	11,8	X		X		16,0
98		X		44,3	14,1	X		X		14,2
99		X		41,5	13,2	X		X		13,9
100			X	51,5	16,4	X		X		16,5
101			X	40,8	13,0	X		X		19,0
102		X		45,6	14,5	X		X		13,2
103			X	47,1	15,0	X		X		11,8
104	X			37,4	11,9	X		X		13,6
105	X			32,0	10,2	X		X		16,0
106		X		42,7	13,6	X		X		15,3
107		X		45,6	14,5	X		X		15,9
108		X		38,6	12,3	X		X		14,0
109		X		35,2	11,2	X		X		12,8
110		X		37,4	11,9	X		X		16,7
111		X		44,9	14,3	X		X		15,4
112	X			39,6	12,6	X		X		14,7
113		X		42,4	13,5	X		X		17,0
TOTAL										113

ANEXO 10

Caracterización parcela N° 2, predio Villa María, vereda Zanjones.

CARACTERIZACIÓN DE FORMACIÓN DE BAMBÚ													
PAIS		COLOMBIA			PREDIO			VILLA MARIA					
DEPARTAMENTO		HUILA			RESPONSABLE			JUAN CARLOS PARRA					
MUNICIPIO		PITALITO			No. PARCELA			2					
VEREDA		ZANJONES			ÁREA			100 m2					
DATOS SOBRE LOS TALLOS													
N°	Estado de madurez				CAP (cm)	DAP (cm)	Estado sanitario			Calidad del tallo			Distanciamiento entre nudo (cm)
	R	J	M	SM			S	AI	AH	R	D	MD	
1			X		53,4	17,0	X			X			16,4
2			X		37,7	12,0	X			X			14,1
3			X		33,6	10,7	X			X			12,3
4			X		41,8	13,3	X			X			15,1

5			X		30,8	9,8	X			X			15,4
6			X		47,1	15,0	X			X			18,0
7			X		38,6	12,3	X			X			12,3
8			X		30,8	9,8	X			X			11,0
9			X		39,3	12,5	X			X			14,5
10			X		33,3	10,6	X			X			13,1
11			X		44,0	14,0	X			X			17,0
12	X				29,2	9,3	X			X			12,6
13		X			37,1	11,8	X			X			13,8
14	X				33,0	10,5	X			X			14,7
15	X				43,7	13,9	X			X			12,3
16	X				31,4	10,0	X			X			18,1
17	X				47,4	15,1	X			X			16,0
18	X				38,0	12,1	X			X			15,2
19	X				44,0	14,0				X			17,3
20		X			36,4	11,6	X			X			14,0
21		X			42,4	13,5	X			X			12,5
22		X			39,6	12,6	X			X			13,0
23		X			43,4	13,8	X			X			12,5
24		X			33,9	10,8	X			X			16,0
25		X			29,8	9,5	X			X			15,0
26				X	33,3	10,6		X		X			11,5
27				X	45,9	14,6	X				X		16,1
28				X	53,4	17,0	X			X			18,3
29	X				42,1	13,4	X			X			16,0
30			X		37,7	12,0	X			X			14,5
31		X			43,0	13,7	X			X			15,7
32			X		44,6	14,2	X			X			13,8
33			X		36,8	11,7	X			X			11,0
34			X		44,6	14,2	X			X			16,8
35			X		40,8	13,0	X			X			15,6
36			X		36,1	11,5	X			X			13,7
37			X		31,4	10,0	X			X			12,5
38			X		36,1	11,5	X			X			14,0
39			X		46,2	14,7	X			X			13,3
40			X		47,1	15,0	X			X			14,6
41			X		37,7	12,0	X			X			13,4
42			X		43,4	13,8	X			X			16,1
43		X			35,2	11,2	X			X			15,0
44			X		41,8	13,3		X		X			14,2
45			X		31,4	10,0		X			X		14,8

46		X		29,2	9,3	X		X			13,5
47		X		36,1	11,5	X		X			13,0
48		X		33,9	10,8	X		X			17,6
49		X		40,8	13,0	X		X			15,8
50			X	38,3	12,2	X		X			15,0
51		X		32,7	10,4	X		X			14,0
52			X	36,4	11,6	X		X			14,7
53	X			30,5	9,7	X		X			18,0
54	X			40,8	13,0	X		X			15,3
55		X		35,2	11,2	X			X		12,0
56			X	39,6	12,6	X		X			13,8
57	X			29,2	9,3	X		X			12,3
58		X		37,7	12,0	X		X			15,1
59		X		38,0	12,1		X	X			13,7
60		X		35,2	11,2	X		X			12,9
61		X		44,0	14,0	X		X			16,1
62		X		45,6	14,5	X		X			16,7
63		X		32,0	10,2	X		X			12,0
64	X			40,8	13,0	X		X			14,1
65		X		45,9	14,6	X		X			18,6
66		X		43,7	13,9	X		X			16,5
67		X		47,4	15,1	X		X			17,2
68		X		40,5	12,9	X		X			15,4
69			X	45,6	14,5	X		X			13,7
70			X	37,7	12,0	X		X			14,9
71		X		31,1	9,9	X		X			12,6
72		X		36,8	11,7	X		X			15,9
73		X		38,3	12,2	X		X			13,7
74		X		29,2	9,3	X		X			14,9
75		X		31,4	10,0	X		X			15,0
76		X		37,1	11,8	X		X			13,0
77		X		30,2	9,6	X		X			12,5
78		X		34,6	11,0	X		X			11,8
79	X			42,1	13,4	X		X			16,0
80	X			38,3	12,2	X		X			14,5
81	X			31,4	10,0	X		X			12,0
82		X		41,5	13,2	X		X			14,5
83			X	29,2	9,3		X		X		15,0
84		X		40,5	12,9	X		X			17,7
85		X		37,7	12,0	X		X			14,2
86		X		34,9	11,1	X		X			16,0

87		X		33,0	10,5	X		X		13,6
88		X		29,5	9,4	X		X		12,3
89		X		44,6	14,2	X		X		15,0
90	X			42,7	13,6	X		X		13,1
91		X		34,6	11,0	X		X		12,7
92		X		33,9	10,8	X		X		16,5
93			X	42,4	13,5	X		X		18,2
94		X		37,7	12,0	X		X		14,2
95		X		46,5	14,8	X		X		16,0
96		X		42,1	13,4	X		X		15,5
97		X		38,0	12,1	X		X		14,8
98		X		31,4	10,0	X		X		13,2
99			X	33,0	10,5	X			X	13,0
100			X	37,7	12,0	X		X		11,9
101			X	38,3	12,2	X		X		14,0
102			X	29,5	9,4	X		X		16,3
103		X		38,3	12,2	X		X		13,6
104	X			34,6	11,0	X			X	16,7
105		X		33,0	10,5	X		X		14,0
106		X		30,2	9,6	X		X		13,5
107		X		40,2	12,8	X		X		11,9
108		X		45,2	14,4	X		X		16,2
109		X		32,7	10,4	X		X		17,0
110		X		34,6	11,0			X		14,1
TOTAL										110

ANEXO 11

Caracterización parcela N° 1, predio El Limón, vereda Palmarito.

CARACTERIZACIÓN DE FORMACIÓN DE BAMBÚ						
PAIS	COLOMBIA		PREDIO	EL LIMÓN		
DEPARTAMENTO	HUILA		RESPONSABLE	HECTOR VALENZUELA		
MUNICIPIO	PITALITO		No. PARCELA	1		
VEREDA	PALMARITO		ÁREA	100 m ²		
DATOS SOBRE LOS TALLOS						
N°	Estado de madurez	CAP (cm)	DAP (cm)	Estado sanitario	Calidad del tallo	Distanciamiento entre nudo (cm)

	R	J	M	SM			S	AI	AH	R	D	MD	
1	X				29,8	9,5	X			X			12,1
2			X		26,4	8,4	X			X			12,0
3			X		35,5	11,3	X			X			16,0
4			X		30,2	9,6	X			X			15,0
5			X		24,5	7,8	X			X			13,5
6			X		37,7	12,0	X			X			18,0
7			X		29,8	9,5	X			X			17,2
8			X		43,0	13,7	X				X		15,5
9			X		36,1	11,5	X			X			16,0
10			X		36,8	11,7	X			X			17,2
11			X		30,2	9,6	X			X			13,0
12			X		27,6	8,8	X				X		16,5
13			X		37,4	11,9	X					X	14,0
14				X	38,3	12,2	X				X		12,0
15	X				25,4	8,1	X			X			9,0
16			X		30,2	9,6		X		X			11,2
17		X			24,5	7,8	X				X		12,4
18		X			26,1	8,3	X				X		10,0
19		X			33,9	10,8	X					X	15,5
20		X			39,0	12,4	X			X			13,0
21		X			27,6	8,8	X			X			12,0
22			X		33,0	10,5	X			X			14,5
23			X		42,4	13,5	X			X			12,8
24				X	27,3	8,7	X			X			12,0
25			X		24,8	7,9	X			X			9,0
26			X		33,6	10,7	X			X			11,2
27			X		40,8	13,0	X			X			14,5
28			X		31,7	10,1	X			X			15,0
29			X		26,4	8,4	X			X			9,0
30			X		23,6	7,5	X			X			16,3
31			X		35,5	11,3	X			X			18,0
32			X		37,7	12,0	X			X			16,3
33			X		28,3	9,0	X			X			14,0
34			X		42,1	13,4	X			X			11,2
35			X		37,7	12,0	X			X			9,0
36				X	34,9	11,1			X		X		14,0
37				X	37,1	11,8		X				X	17,5
38	X				27,0	8,6	X			X			12,5
39	X				25,1	8,0	X			X			14,3
40	X				32,7	10,4	X			X			12,0

41		X		28,0	8,9	X		X			15,0
42		X		28,9	9,2	X		X			13,0
43		X		39,9	12,7	X		X			11,0
44		X		33,9	10,8		X	X			11,9
45		X		34,6	11,0	X			X		15,7
46			X	42,7	13,6	X		X			16,0
47	X			32,7	10,4	X		X			13,0
48			X	26,1	8,3	X		X			12,1
49			X	37,4	11,9	X		X			15,2
50			X	29,8	9,5	X		X			13,6
51			X	34,9	11,1	X		X			18,1
52	X			24,2	7,7	X		X			12,0
53	X			23,6	7,5	X		X			17,4
54		X		29,8	9,5	X			X		11,7
55		X		31,7	10,1	X				X	13,0
56		X		33,0	10,5		X		X		19,2
57		X		44,0	14,0	X			X		11,0
58		X		27,0	8,6	X				X	14,0
59		X		25,4	8,1	X		X			9,0
60		X		36,1	11,5	X		X			10,2
61		X		39,6	12,6	X		X			17,1
62		X		40,8	13,0	X		X			14,5
63		X		28,9	9,2	X		X			13,0
64		X		27,3	8,7	X		X			10,0
65		X		37,4	11,9	X		X			14,5
66		X		40,8	13,0	X		X			16,3
67		X		45,9	14,6	X			X		12,0
68			X	36,1	11,5	X		X			15,2
69			X	38,3	12,2	X		X			17,3
70			X	37,1	11,8	X		X			16,3
71			X	39,0	12,4	X				X	13,0
72			X	27,3	8,7	X			X		12,0
73			X	23,6	7,5		X	X			15,5
74			X	33,6	10,7	X		X			11,8
75			X	40,5	12,9	X		X			14,0
76	X			29,8	9,5	X		X			13,8
77	X			31,4	10,0	X		X			17,2
78		X		37,7	12,0		X	X			16,3
79	X			23,2	7,4	X		X			15,2
80			X	28,3	9,0		X		X		14,0
81			X	31,7	10,1			X		X	12,0

82		X		24,2	7,7	X			X		9,0
83	X			22,6	7,2	X			X		9,1
84	X			31,4	10,0	X		X			15,2
85	X			26,1	8,3	X		X			11,9
86	X			42,7	13,6	X		X			14,2
87	X			37,4	11,9	X		X			12,0
88	X			34,6	11,0	X		X			17,4
89			X	42,4	13,5		X		X		15,2
90			X	38,6	12,3	X				X	14,0
91		X		28,9	9,2	X		X			12,0
92		X		34,2	10,9	X		X			17,4
93		X		23,6	7,5	X		X			9,0
94		X		33,3	10,6	X			X		18,5
95		X		29,8	9,5	X		X			14,2
96		X		25,1	8,0	X		X			11,0
97		X		34,2	10,9	X		X			12,0
98		X		30,8	9,8		X	X			9,0
99			X	38,6	12,3	X		X			17,2
100		X		34,6	11,0	X		X			14,2
101		X		34,2	10,9	X			X		11,8
102	X			23,2	7,4	X		X			9,0
103		X		37,7	12,0	X				X	16,3
104			X	30,5	9,7	X			X		17,2
105		X		34,2	10,9	X		X			14,1
106		X		35,8	11,4	X		X			9,8
107		X		38,3	12,2	X		X			13,0
108		X		27,6	8,8	X		X			9,0
109		X		37,7	12,0	X				X	17,2
110		X		41,2	13,1	X			X		18,0
111		X		34,6	11,0	X				X	14,0
112		X		32,0	10,2		X	X			15,0
113		X		36,1	11,5	X		X			14,0
114		X		28,3	9,0	X		X			13,3
115		X		23,6	7,5	X		X			9,0
116		X		28,0	8,9	X		X			15,6
117		X		28,9	9,2	X		X			13,8
118	X			31,4	10,0	X		X			14,6
119	X			28,0	8,9	X			X		13,2
120	X			35,8	11,4		X	X			14,0
121	X			37,7	12,0	X		X			11,0
122	X			30,2	9,6	X		X			12,0

123		X			40,5	12,9	X			X			11,0
124		X			31,7	10,1	X					X	9,4
125		X			40,8	13,0		X		X			15,8
126	X				38,6	12,3	X			X			16,9
127		X			36,1	11,5	X			X			16,3
128			X		29,2	9,3	X			X			11,0
129			X		32,7	10,4	X			X			16,5
130				X	34,6	11,0	X			X			13,8
131			X		28,6	9,1	X			X			16,3
TOTAL													131

ANEXO 12

Caracterización parcela N° 2, predio El Limón, vereda Palmarito.

CARACTERIZACIÓN DE FORMACIÓN DE BAMBÚ														
PAIS		COLOMBIA				PREDIO				EL LIMÓN				
DEPARTAMENTO		HUILA				RESPONSABLE				HECTOR VALENZUELA				
MUNICIPIO		PITALITO				No. PARCELA				2				
VEREDA		ZANJONES				ÁREA				100 m2				
DATOS SOBRE LOS TALLOS														
N°	Estado de madurez				CAP (cm)	DAP (cm)	Estado sanitario			Calidad del tallo			Distanciamiento entre nudo (cm)	
	R	J	M	SM			S	AI	AH	R	D	MD		
1		X			32,0	10,2	X					X		11,6
2		X			26,7	8,5	X					X		12,1
3			X		37,7	12,0	X				X			10,0
4			X		32,7	10,4	X				X			12,0
5			X		34,6	11,0	X				X			14,0
6			X		42,4	13,5	X				X			10,7
7			X		35,5	11,3	X				X			12,2
8			X		45,6	14,5	X				X			13,4
9			X		29,5	9,4	X				X			9,6
10			X		37,7	12,0	X				X			15,3
11			X		38,0	12,1	X				X			11,5
12			X		25,4	8,1	X				X			8,0
13			X		33,0	10,5	X				X			10,0
14			X		34,6	11,0	X				X			12,9

15		X		23,6	7,5	X		X		9,0
16		X		44,0	14,0		X	X		16,0
17		X		28,9	9,2		X	X		13,9
18	X			26,1	8,3	X		X		10,0
19		X		32,0	10,2	X		X		11,7
20			X	40,8	13,0	X		X		14,0
21		X		35,8	11,4	X			X	12,7
22	X			28,3	9,0	X		X		13,0
23	X			23,9	7,6	X		X		9,6
24	X			27,6	8,8	X		X		12,0
25		X		38,3	12,2	X			X	11,6
26		X		42,4	13,5	X		X		17,0
27		X		34,6	11,0	X		X		13,5
28			X	33,0	10,5	X		X		12,2
29		X		23,6	7,5	X		X		17,3
30		X		25,8	8,2	X		X		14,0
31		X		38,3	12,2	X		X		16,0
32	X			34,6	11,0	X		X		9,5
33	X			42,1	13,4	X		X		18,3
34		X		33,0	10,5	X			X	12,2
35		X		44,0	14,0	X		X		15,9
36		X		25,4	8,1	X		X		21,2
37	X			29,5	9,4	X		X		14,5
38		X		34,6	11,0		X	X		9,3
39		X		33,0	10,5	X		X		11,0
40		X		42,1	13,4	X		X		19,0
41	X			31,1	9,9	X		X		12,2,
42		X		34,2	10,9	X		X		14,7
43	X			24,5	7,8	X		X		12,0
44		X		36,4	11,6	X		X		15,6
45			X	39,0	12,4	X		X		18,8
46		X		33,0	10,5	X			X	17,8
47		X		27,3	8,7	X			X	13,0
48		X		38,3	12,2	X		X		18,5
49		X		40,2	12,8	X		X		20,0
50			X	36,1	11,5	X		X		16,3
51			X	27,3	8,7	X			X	15,6
52			X	25,8	8,2	X			X	16,9
53			X	31,4	10,0	X			X	14,1
54		X		32,0	10,2	X			X	17,2
55	X			29,8	9,5	X		X		16,0

56		X			31,4	10,0	X			X			12,0
57		X			40,8	13,0	X			X			20,3
58			X		31,7	10,1		X		X			15,5
59			X		28,9	9,2	X			X			13,0
60			X		40,5	12,9	X			X			17,0
61			X		32,0	10,2	X			X			11,4
62			X		34,9	11,1	X			X			12,0
63			X		30,2	9,6	X			X			16,3
64			X		33,9	10,8	X			X			15,4
65			X		24,5	7,8	X				X		11,0
66	X				23,6	7,5		X		X			12,1
67		X			28,3	9,0	X			X			13,5
68	X				41,5	13,2	X			X			18,1
69	X				31,4	10,0	X			X			15,0
70	X				33,3	10,6	X			X			11,0
71	X				44,3	14,1	X			X			10,6
72				X	33,9	10,8	X			X			12,7
73		X			39,6	12,6	X			X			9,0
74			X		27,3	8,7		X		X			14,3
75			X		22,6	7,2	X			X			9,0
76			X		28,3	9,0	X			X			15,8
77			X		35,8	11,4	X			X			12,0
78			X		29,5	9,4	X			X			13,7
79			X		31,4	10,0	X			X			17,5
80			X		34,9	11,1		X		X			13,0
81			X		40,8	13,0		X			X		19,2
82			X		32,0	10,2		X			X		15,0
83			X		44,6	14,2	X			X			17,2
84			X		29,5	9,4	X			X			14,0
85	X				25,1	8,0	X			X			10,2
86			X		38,6	12,3	X			X			13,2
87			X		40,5	12,9	X			X			15,9
88			X		33,3	10,6	X			X			12,0
89				X	30,8	9,8	X			X			12,1
90			X		39,9	12,7	X			X			13,0
91			X		33,6	10,7	X			X			11,3
92				X	33,0	10,5	X			X			14,4
93	X				27,0	8,6	X			X			12,0
94		X			38,3	12,2		X		X			15,7
95		X			23,6	7,5	X			X			13,0
96			X		30,8	9,8	X				X		12,2

97		X		34,6	11,0	X				X		14,4
98		X		33,0	10,5	X				X		18,9
99		X		28,3	9,0	X				X		12,5
100		X		22,9	7,3		X		X			11,0
101		X		35,2	11,2	X			X			10,0
102		X		37,7	12,0	X			X			10,6
103		X		27,3	8,7		X		X			13,2
104		X		33,3	10,6	X			X			14,0
105		X		40,8	13,0	X			X			17,0
106	X			29,8	9,5	X			X			17,9
107			X	35,8	11,4	X			X			18,2
108			X	41,2	13,1	X			X			19,0
109		X		33,0	10,5	X			X			13,4
110		X		37,7	12,0	X				X		17,2
111		X		39,9	12,7	X			X			16,7
112		X		29,8	9,5	X			X			14,0
113		X		41,8	13,3	X			X			18,7
114	X			42,4	13,5	X			X			12,0
115		X		29,5	9,4	X			X			15,8
116		X		37,7	12,0	X			X			16,0
117	X			27,0	8,6	X			X			10,0
118	X			34,6	11,0		X		X			14,5
119	X			39,0	12,4	X			X			17,2
120	X			36,1	11,5	X			X			16,0
121	X			34,6	11,0	X			X			16,4
122	X			24,8	7,9	X			X			12,5
123			X	27,0	8,6	X					X	17,0
					X							123

ANEXO 13

Caracterización parcela N° 1, predio Villa Liliana, vereda San Francisco.

CARACTERIZACIÓN DE FORMACIÓN DE BAMBÚ			
PAIS	COLOMBIA	PREDIO	VILLA LILIANA
DEPARTAMENTO	HUILA	RESPONSABLE	MARLENI PAPAMIJA
MUNICIPIO	PITALITO	No. PARCELA	1
VEREDA	SAN FRANCISCO	ÁREA	100 m2
DATOS SOBRE LOS TALLOS			

N°	Estado de madurez				CAP (cm)	DAP (cm)	Estado sanitario			Calidad del tallo			Distanciamiento entre nudo (cm)
	R	J	M	SM			S	AI	AH	R	D	MD	
1	X				44,0	14,0	X			X			13,2
2	X				42,0	13,4	X			X			17,0
3	X				37,0	11,8	X			X			14,6
4	X				40,0	12,7	X				X		14,0
5	X				40,0	12,7	X			X			13,0
6	X				39,0	12,4	X			X			15,0
7	X				43,0	13,7	X			X			14,0
8	X				37,0	11,8	X			X			14,3
9	X				35,5	11,3	X			X			15,0
10	X				36,5	11,6	X			X			14,0
11	X				42,0	13,4		X		X			13,5
12	X				38,5	12,3	X			X			14,5
13	X				38,0	12,1	X			X			14,0
14	X				37,5	11,9	X			X			14,0
15	X				42,3	13,5	X			X			14,5
16		X			34,0	10,8	X			X			13,3
17		X			33,5	10,7	X				X		12,5
18		X			38,0	12,1	X				X		15,0
19		X			36,5	11,6	X			X			14,5
20		X			32,0	10,2	X			X			14,0
21		X			34,5	11,0	X				X		15,0
22		X			34,0	10,8	X			X			15,5
23		X			34,0	10,8	X				X		15,5
24		X			36,5	11,6		X		X			14,5
25		X			42,0	13,4	X			X			15,0
26			X		40,0	12,7	X			X			15,2
27					35,0	11,1	X				X		14,3
28			X		34,6	11,0		X		X			14,1
29			X		38,5	12,3		X			X		13,5
30			X		43,0	13,7	X			X			16,5
31			X		38,0	12,1	X			X			14,8
32			X		40,0	12,7	X			X			13,5
33			X		37,6	12,0	X			X			15,2
34			X		34,5	11,0	X			X			12,0
35			X		38,0	12,1	X				X		15,5
36			X		43,0	13,7	X			X			15,5
37			X		38,7	12,3	X			X			14,8
38			X		45,5	14,5	X				X		14,8

39		X		43,0	13,7	X		X		15,6
40		X		35,5	11,3	X		X		13,5
41	X			37,7	12,0		X	X		10,7
42		X		27,6	8,8	X		X		10,1
43		X		35,2	11,2	X		X		12,8
44		X		40,8	13,0	X		X		15,9
45		X		27,0	8,6	X		X		11,2
46		X		42,1	13,4	X		X		12,4
47		X		28,9	9,2	X		X		14,3
48		X		38,0	12,1	X			X	12,0
49			X	31,7	10,1		X		X	13,7
50	X			28,0	8,9	X			X	11,9
51	X			37,7	12,0	X		X		14,3
52	X			28,0	8,9	X		X		15,2
53	X			39,9	12,7	X		X		11,8
54	X			42,1	13,4	X		X		12,6
55	X			30,5	9,7	X		X		10,3
56	X			33,0	10,5	X		X		14,1
57		X		34,6	11,0	X		X		12,7
58		X		38,3	12,2	X		X		10,7
59		X		35,8	11,4	X			X	12,6
60	X			27,3	8,7	X		X		9,7
61		X		31,1	9,9	X		X		14,2
62	X			34,6	11,0	X		X		12,0
63		X		26,4	8,4	X		X		13,5
64		X		37,7	12,0	X		X		12,7
65		X		36,1	11,5	X		X		13,0
66		X		38,6	12,3	X			X	11,0
67		X		40,8	13,0	X		X		15,0
68		X		26,1	8,3	X		X		11,2
69		X		41,5	13,2		X	X		9,3
70		X		34,6	11,0	X		X		14,2
71		X		30,2	9,6	X		X		12,0
72		X		31,4	10,0	X		X		15,2
73		X		34,9	11,1	X		X		14,0
74		X		32,4	10,3	X		X		13,5
75		X		34,2	10,9	X		X		14,6
76			X	37,7	12,0	X			X	11,0
TOTAL										76

ANEXO 14

Caracterización parcela N° 2, predio Villa Liliana, vereda San Francisco.

CARACTERIZACIÓN DE FORMACIÓN DE BAMBÚ													
PAIS		COLOMBIA				PREDIO			VILLA LILIANA				
DEPARTAMENTO		HUILA				RESPONSABLE			MARLENI PAPAMIJA				
MUNICIPIO		PITALITO				No. PARCELA			2				
VEREDA		SAN FRANCISCO				ÁREA			100 m2				
DATOS SOBRE LOS TALLOS													
N°	Estado de madurez				CAP (cm)	DAP (cm)	Estado sanitario			Calidad del tallo			Distanciamiento entre nudo (cm)
	R	J	M	SM			S	AI	AH	X	D	MD	
1	X				30,2	9,6	X			X			10,1
2	X				44,0	14,0	X			X			11,5
3	X				36,4	11,6	X			X			17,2
4		X			43,7	13,9	X			X			13,6
5		X			30,2	9,6	X			X			15,6
6		X			37,1	11,8	X			X			11,4
7		X			26,7	8,5	X				X		15,2
8		X			30,8	9,8	X			X			14,8
9		X			38,6	12,3	X			X			16,3
10			X		43,7	13,9		X		X			17,0
11			X		34,6	11,0	X			X			16,5
12			X		26,7	8,5	X			X			11,2
13			X		32,4	10,3	X					X	10,5
14			X		29,5	9,4	X			X			11,3
15			X		36,1	11,5	X				X		12,0
16				X	31,4	10,0		X		X			13,6
17			X		42,7	13,6	X			X			16,8
18			X		37,7	12,0	X			X			15,4
19			X		27,3	8,7	X			X			11,2
20			X		33,9	10,8	X			X			15,6
21			X		40,8	13,0	X			X			16,5
22	X				36,4	11,6	X			X			11,0
23	X				42,4	13,5	X			X			10,5
24	X				40,2	12,8	X			X			11,3
25	X				42,4	13,5	X			X			12,0
26	X				25,1	8,0	X			X			13,6
27	X				33,3	10,6	X			X			16,4

28	X			39,0	12,4	X			X			16,6
29	X			43,4	13,8	X			X			17,0
30	X			32,7	10,4	X			X			13,6
31	X			36,1	11,5	X			X			16,3
32		X		43,4	13,8	X			X			11,2
33		X		30,5	9,7	X			X			13,2
34		X		38,6	12,3	X			X			16,9
35		X		31,4	10,0	X			X			15,8
36		X		30,2	9,6	X			X			11,9
37		X		43,0	13,7	X			X			10,0
38		X		26,4	8,4	X			X			15,0
39		X		37,1	11,8	X				X		12,5
40		X		32,0	10,2	X			X			16,1
41		X		37,7	12,0	X			X			12,6
42		X		34,9	11,1	X			X			12,9
43		X		31,1	9,9	X			X			17,0
44		X		42,1	13,4	X			X			15,2
45		X		33,9	10,8	X			X			16,8
46		X		38,3	12,2	X			X			11,0
47		X		40,8	13,0	X			X			13,2
48		X		33,3	10,6	X			X			16,2
49		X		37,4	11,9	X			X			17,1
50		X		31,4	10,0	X			X			11,0
51		X		26,7	8,5	X				X		15,8
52		X		29,2	9,3	X			X			15,0
53		X		43,0	13,7	X				X		14,5
54		X		38,3	12,2	X			X			15,3
55		X		26,1	8,3	X			X			14,0
56		X		41,2	13,1	X			X			11,7
57		X		44,0	14,0	X			X			16,0
58		X		35,5	11,3	X			X			13,0
59		X		43,0	13,7	X			X			11,8
60			X	37,7	12,0		X				X	15,2
61		X		25,4	8,1	X			X			16,1
62	X			30,2	9,6	X			X			15,0
63	X			42,7	13,6	X			X			11,9
64	X			35,8	11,4	X			X			13,2
65	X			40,2	12,8	X			X			14,8
66		X		34,6	11,0	X			X			11,0
67		X		25,8	8,2	X			X			15,1
68		X		38,0	12,1	X			X			11,8

69		X		36,1	11,5	X		X		13,7
70		X		42,7	13,6	X		X		16,5
71		X		40,8	13,0	X		X		10,3
72		X		43,7	13,9	X		X		13,6
73		X		37,1	11,8	X		X		12,2
74		X		40,8	13,0	X		X		11,0
75		X		33,9	10,8	X			X	15,2
76	X			27,0	8,6	X		X		13,5
77		X		38,3	12,2	X		X		11,1
78		X		33,0	10,5	X		X		12,9
79		X		41,5	13,2	X		X		16,0
80		X		40,5	12,9		X	X		14,6
81		X		42,1	13,4	X		X		10,8
82		X		34,6	11,0	X		X		10,0
83			X	25,1	8,0	X			X	13,6
84			X	40,8	13,0	X		X		12,5
85	X			40,5	12,9	X		X		16,5
86		X		42,4	13,5	X		X		15,9
87		X		34,6	11,0	X		X		13,6
88		X		28,0	8,9	X			X	11,0
89		X		32,4	10,3	X		X		16,9
90		X		39,0	12,4	X		X		14,6
91		X		44,0	14,0	X			X	10,3
92	X			42,7	13,6	X		X		12,9
TOTAL										92

ANEXO 15

Caracterización física de la sección media de los culmos aprovechados del rodal Berlín La Esperanza.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE CULMOS PREDIO: Berlín La Esperanza															
No. Entrenudo	LONGITUD DE LOS ENTRENUDOS (cm)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	-	-	-	-	-	-	-	-	16,2	-	-	-	-	-	18,0
11	16,5	16,7	15,6	-	-	-	16,9	15,6	15,5	15,5	-	-	-	16,0	18,5
12	16,5	17,5	16,0	-	15,5	14,5	16,9	15,8	16,9	16,0	15,8	16,6	12,8	16,5	19,0
13	15,0	19,0	16,4	15,5	16,9	13,5	19,0	16,5	16,4	16,5	16,9	16,9	14,0	15,0	21,5
14	15,6	20,0	16,5	16,5	17,2	14,6	19,0	18,4	17,5	17,2	17,2	18,0	13,0	15,5	21,0
15	16,7	23,0	17,3	17,5	19,0	16,9	20,0	19,5	16,8	18,1	18,2	20,3	16,3	13,0	22,8
16	18,0	23,0	18,7	18,4	18,2	18,0	21,5	21,5	20,5	20,0	18,0	21,9	16,0	15,0	22,3
17	20,2	25,0	19,2	19,2	21,5	20,0	22,5	23,5	19,0	21,2	21,5	23,0	19,0	13,0	22,2
18	21,9	26,0	21,8	20,9	21,8	20,3	23,0	22,0	21,5	22,2	21,5	24,0	19,0	15,0	22,8
19	21,5	27,5	23,5	21,5	24,5	22,5	24,5	24,0	22,2	23,0	23,0	25,3	20,0	15,5	26,0
20	22,5	27,3	25,2	22,8	24,8	24,0	26,0	22,8	25,8	24,0	25,0	26,0	21,5	17,8	25,8
21	21,5	29,5	25,2	22,8	28,3	24,8	28,5	24,5	23,8	24,5	27,5	26,5	22,3	20,0	27,5
22	22,0	29,0	27,5	25,0	27,8	26,0	28,8	25,2	26,8	26,0	26,0	27,8	24,0	22,5	27,2
23	23,6	30,0	27,0	24,2	29,8	26,3	27,8	25,2	25,5	26,7	24,5	27,5	24,0	23,0	30,7
24	25,7	30,0	30,2	26,5	27,0	25,9	27,0	25,7	29,8	28,1	23,8	27,8	24,8	28,0	28,2
25	26,2	30,0	27,8	26,5	29,5	25,5	26,6	26,3	28,8	27,6	22,2	29,2	26,8	26,0	27,1
26	27,5	31,0	30,9	29,0	27,5	25,8	27,5	26,3	29,8	29,8	23,5	27,7	27,0	27,5	27,8
27	26,4	-	30,0	29,8	29,5	29,0	27,0	28,8	28,8	29,3	23,5	26,5	25,8	27,8	-
28	28,3	-	-	31,7	-	28,8	-	26,5	-	-	24,0	26,3	26,2	30,5	-
29	-	-	-	29,8	-	30,0	-	-	-	-	26,5	-	26,8	27,3	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,0	27,7	-

ANEXO 16

Caracterización física de la sección media de los culmos aprovechados rodal Villa María.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE CULMOS PREDIO: Villa María															
No. Entrenudo	LONGITUD DE LOS ENTRENUDOS (cm)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,3
9	19,0	-	-	-	-	18,0	20,5	20,5	-	-	-	-	-	-	23,7
10	20,0	-	16,5	-	-	19,3	21,5	20,4	17,1	-	16,5	16,5	17,3	-	24,7
11	21,8	15,0	17,2	16,3	14,0	20,5	23,5	22,0	17,6	14,0	18,0	18,0	16,5	15,0	26,0
12	21,5	16,0	18,0	16,4	15,2	22,0	23,0	22,0	20,0	15,0	18,0	18,0	18,5	16,5	26,4

ANEXO 19

Caracterización física de las 136 probetas ensayadas.

CARACTERIZACIÓN DE PROBETAS (mm)																			
Nomenclatura	L1	L2	L3	L4	D1	D2	D3	D4	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	L _{prom}	D _{prom}	e _{prom}
A0125M*	169,1	169,5	170,0	170,8	110,0	111,7	117,5	112,9	14,7	13,7	13,1	11,8	14,6	12,2	13,0	13,7	169,9	113,0	13,4
A0126M*	169,0	169,3	169,0	169,5	95,0	95,0	94,6	94,4	9,1	9,8	9,9	10,5	10,7	10,8	11,4	11,6	169,2	94,8	10,5
A0127M	170,0	169,9	170,1	170,1	109,0	104,9	110,5	110,5	13,4	12,6	12,3	12,0	13,7	11,7	12,0	13,7	170,0	108,7	12,7
A0128M	169,5	169,5	169,7	169,8	108,2	110,1	111,6	108,0	12,1	12,1	10,6	12,1	13,2	12,0	11,2	12,7	169,6	109,5	12,0
A0226M	169,7	170,0	169,7	170,0	95,4	96,8	98,3	96,0	9,4	8,3	9,4	9,5	7,7	8,3	8,9	9,7	169,9	96,6	8,9
A0427M	170,2	169,9	170,0	170,2	98,6	100,7	103,6	100,9	11,4	10,5	11,0	11,2	10,8	10,3	10,0	10,5	170,1	101,0	10,7
A0428M	169,6	169,6	169,7	169,6	99,0	97,9	102,7	100,7	10,5	10,2	10,0	10,3	10,0	9,2	10,5	10,4	169,6	100,1	10,1
A0616M	169,8	169,8	170,1	170,0	120,5	117,7	117,3	116,0	17,6	18,2	17,7	16,5	15,0	15,0	19,0	16,3	169,9	117,9	16,9
A0724M	170,7	170,5	170,8	170,6	117,0	120,8	115,5	116,5	13,2	12,2	12,0	13,1	12,3	11,1	11,9	13,2	170,7	117,5	12,4
A0824M	169,0	169,1	169,3	169,0	112,0	116,0	117,9	114,1	13,5	14,0	12,4	14,4	13,0	15,0	12,8	12,5	169,1	115,0	13,5
A0825M	169,9	170,2	170,1	169,9	110,0	109,6	112,0	113,0	12,8	14,0	12,0	13,2	12,5	13,3	12,2	13,1	170,0	111,2	12,9
A0826M*	169,7	169,9	170,3	170,1	106,4	109,1	112,0	110,3	14,0	11,6	12,7	12,5	13,9	14,4	12,0	11,2	170,0	109,5	12,8
A0924M	170,2	170,0	170,1	170,4	97,0	97,2	95,6	95,2	9,5	8,4	8,2	9,3	10,2	9,9	9,8	9,3	170,2	96,3	9,3
A0925M	170,8	170,8	170,6	170,9	104,2	104,8	107,9	106,4	11,6	10,7	10,9	10,6	10,7	9,2	11,3	10,2	170,8	105,8	10,7
A0927M	170,0	170,0	170,2	169,8	100,9	101,6	101,8	98,0	11,0	10,3	10,2	10,5	10,3	9,0	8,6	10,6	170,0	100,6	10,1
A1126M	168,6	169,4	169,6	168,3	114,0	114,4	112,5	118,3	13,1	12,7	13,6	9,6	11,7	10,0	12,0	11,8	169,0	114,8	11,8
A1227M	170,0	170,4	170,3	169,5	103,0	104,0	98,7	98,0	11,2	10,7	10,5	12,0	10,9	11,0	10,0	10,0	170,1	100,9	10,8
A1228M	168,7	168,5	168,5	168,9	101,0	97,1	97,6	98,6	10,0	9,3	10,4	11,0	11,4	9,9	11,1	10,3	168,7	98,6	10,4
A1327M	169,4	169,7	169,5	170,0	100,0	102,7	100,0	98,0	13,2	13,5	13,9	11,1	12,0	8,8	11,5	10,6	169,7	100,2	11,8
A1329M	168,4	168,7	170,0	169,7	96,3	98,5	94,0	96,0	10,7	10,0	10,8	9,7	11,2	9,6	10,7	9,8	169,2	96,2	10,3

A1427M	169,5	169,7	169,8	170,0	103,4	106,0	101,0	101,0	9,6	11,6	9,7	9,5	10,9	10,4	9,7	12,0	169,8	102,9	10,4
A1428M	170,5	170,2	170,7	169,9	99,6	101,4	103,7	105,4	11,1	11,2	10,4	9,3	11,4	9,7	11,0	11,7	170,3	102,5	10,7
A1429M	168,6	168,6	168,6	168,8	105,9	105,5	104,0	105,1	11,6	12,0	9,7	10,7	11,5	11,6	10,3	12,0	168,7	105,1	11,2
A1328M	168,7	170,2	169,8	170,0	98,4	99,6	96,1	97,4	10,8	9,8	10,7	10,8	10,9	10,3	10,7	10,0	169,7	97,9	10,5
A0426M	170,8	170,0	170,3	170,6	106,6	110,4	102,0	104,0	10,0	10,5	11,0	9,7	11,3	9,8	10,0	11,1	170,3	105,6	10,4
A1523M*	170,0	169,4	169,7	169,9	102,5	103,5	106,0	107,5	10,5	11,0	9,7	10,7	10,4	10,5	10,0	10,4	169,8	104,9	10,4
A1525M*	169,9	169,2	168,9	169,0	106,0	109,4	103,0	103,2	10,4	11,7	11,0	10,5	10,1	9,4	11,1	11,0	169,3	105,4	10,7
A1526M*	170,0	170,9	170,8	170,2	103,1	105,5	104,4	102,3	11,1	10,7	8,8	10,0	11,0	10,2	9,7	9,9	170,5	103,8	10,2
B0109M	168,2	168,7	168,0	168,1	129,7	125,6	127,7	128,5	18,0	15,3	18,0	17,4	17,6	16,4	18,0	20,3	168,3	127,9	17,6
B0115M	170,1	170,8	170,9	180,0	124,0	124,0	122,8	127,9	14,2	15,9	16,2	17,2	15,2	15,0	16,0	16,4	173,0	124,7	15,8
B0116M	170,0	170,2	170,1	170,2	120,0	120,3	118,0	122,4	10,7	15,5	14,4	12,0	12,0	14,9	14,7	13,3	170,1	120,2	13,4
B0118M	171,0	169,9	171,0	170,9	122,0	124,6	119,4	123,1	14,0	12,5	14,5	14,9	15,0	12,3	14,2	15,0	170,7	122,3	14,1
B0119M	169,7	169,3	170,7	171,0	128,3	128,3	127,5	121,9	12,0	13,0	13,1	13,0	13,3	13,3	12,1	14,0	170,2	126,5	13,0
B0219M	169,1	169,5	168,6	168,4	123,3	125,3	129,6	123,7	16,5	16,0	13,6	16,0	16,6	17,1	13,6	13,0	168,9	125,5	15,3
B0223M	168,8	168,4	168,8	168,4	121,8	119,5	120,3	120,0	13,4	14,7	13,0	12,2	15,6	13,5	14,7	16,4	168,6	120,4	14,2
B0224M	169,1	168,5	170,2	170,4	120,9	117,3	118,8	117,5	15,0	15,2	13,2	12,8	14,4	13,2	11,0	12,5	169,6	118,6	13,4
B0317M	169,3	168,9	170,0	169,7	125,3	122,9	128,3	127,6	16,8	15,6	17,4	15,4	17,0	18,1	16,0	14,7	169,5	126,0	16,4
B0318M	169,9	169,8	170,3	170,1	123,2	121,6	121,7	123,1	15,2	16,0	16,3	14,9	15,8	15,8	15,0	17,2	170,0	122,4	15,8
B0321M	169,5	169,8	168,4	168,8	127,3	124,1	125,0	128,4	18,5	17,9	15,4	18,0	18,2	17,7	15,2	16,6	169,1	126,2	17,2
B0325M	170,0	170,5	170,9	169,0	120,8	120,2	121,4	119,6	15,7	14,3	16,2	14,0	13,3	14,5	14,4	15,2	170,1	120,5	14,7
B0413M	169,2	169,0	169,5	170,0	117,7	119,0	117,0	118,3	20,5	22,6	23,0	18,7	17,0	17,1	16,9	16,0	169,4	118,0	19,0
B0417M	168,0	169,6	169,6	168,2	120,4	117,5	117,6	117,6	15,7	16,0	15,6	17,0	17,2	18,8	16,0	17,2	168,9	118,3	16,7
B0613M	168,5	169,3	169,2	168,8	125,3	126,6	125,0	126,5	15,9	18,2	17,0	19,7	15,3	17,1	19,1	18,5	169,0	125,9	17,6
B0614M	170,0	170,0	171,1	170,5	128,8	128,5	130,2	130,4	16,4	17,4	16,7	16,7	19,7	19,9	17,7	18,0	170,4	129,5	17,8
B0710M	170,0	170,7	168,4	168,3	129,8	124,9	124,7	125,0	16,7	16,1	17,0	14,6	17,7	17,5	17,8	16,3	169,4	126,1	16,7
B0711M	168,1	168,3	168,0	168,9	129,2	129,1	128,3	129,5	16,9	17,2	18,4	18,1	14,2	14,7	17,4	16,3	168,3	129,0	16,6

B0719M	169,0	169,5	169,0	169,6	122,2	122,2	128,8	125,5	12,9	14,3	14,1	12,5	12,1	12,5	12,7	14,4	169,3	124,7	13,2
B0811M	172,0	168,9	169,0	170,0	119,1	119,9	119,0	121,2	17,5	16,4	17,9	16,2	17,0	15,6	16,6	16,8	170,0	119,8	16,8
B0821M	168,0	167,5	168,5	168,1	116,3	112,2	112,2	111,9	13,6	13,0	13,2	14,0	13,0	13,2	14,2	12,9	168,0	113,2	13,4
B0911M	170,0	170,4	170,3	170,0	123,3	122,9	122,2	123,2	16,4	14,0	15,7	16,2	13,0	19,0	15,7	15,4	170,2	122,9	15,7
B0917M	169,0	169,0	169,3	168,9	119,1	118,0	120,0	119,4	12,3	11,5	12,9	13,9	14,0	14,3	13,0	14,6	169,1	119,1	13,3
B0923M	169,7	170,0	169,6	170,0	122,4	119,3	118,1	122,5	14,2	14,7	12,5	13,3	13,8	14,5	15,5	13,6	169,8	120,6	14,0
B1022M*	169,2	169,8	169,5	169,0	120,2	118,0	117,0	115,0	12,5	14,0	13,8	13,0	12,2	15,0	14,6	14,8	169,4	117,6	13,7
B1025M	170,8	170,0	171,0	171,5	112,5	109,3	112,0	114,1	13,6	13,3	12,6	11,8	14,0	11,2	13,0	13,6	170,8	112,0	12,9
B1115M	169,7	169,3	169,0	170,0	117,9	114,4	121,6	118,3	18,6	15,0	15,5	17,3	15,0	15,7	15,8	18,0	169,5	118,1	16,4
B1122M	170,6	170,0	171,0	171,5	112,0	112,2	110,0	111,0	13,9	14,3	12,4	13,0	13,9	13,2	16,0	14,3	170,8	111,3	13,9
B1214M	170,3	169,4	169,0	169,8	119,5	116,7	120,5	122,2	17,5	17,0	15,0	18,7	15,0	17,2	17,2	16,8	169,6	119,7	16,8
B1216M	171,0	171,0	169,0	169,7	116,3	120,4	117,2	116,1	15,4	13,7	16,0	13,2	17,1	13,7	14,6	12,7	170,2	117,5	14,6
B1220M	170,8	169,5	170,0	169,0	114,0	110,0	110,0	108,3	13,2	13,7	12,4	11,9	11,9	14,0	13,3	13,2	169,8	110,6	13,0
B1221M	168,0	168,2	168,6	169,0	110,6	113,2	107,0	108,0	18,2	14,1	12,0	14,0	11,6	12,2	13,5	11,0	168,5	109,7	13,3
B1322M	168,8	171,0	170,2	170,0	119,6	118,9	115,6	118,6	15,7	15,2	14,7	12,9	13,8	12,2	15,3	13,7	170,0	118,2	14,2
B1514M	169,0	170,3	168,5	169,0	126,4	125,5	129,2	126,6	15,6	16,3	15,7	14,1	15,5	15,8	16,3	15,5	169,2	126,9	15,6
B1519M	170,8	170,0	169,0	169,1	122,2	125,4	125,5	129,7	14,2	15,0	15,3	14,5	15,8	15,7	16,0	15,6	169,7	125,7	15,3
C0111M	170,0	170,0	169,4	170,0	125,7	124,4	120,5	123,4	17,0	17,0	16,5	15,9	18,6	19,2	16,1	16,6	169,9	123,5	17,1
C0112M	168,2	168,0	168,6	169,0	125,6	121,6	125,5	124,5	17,5	14,0	15,2	17,2	15,6	14,6	16,1	17,6	168,5	124,3	16,0
C0113M	168,3	168,4	169,5	169,0	127,3	126,0	123,7	122,0	15,0	15,0	15,2	15,9	15,4	15,2	16,0	15,6	168,8	124,8	15,4
A0114M	169,3	170,0	171,8	169,0	125,7	124,0	125,4	125,6	11,9	15,9	14,6	15,6	14,4	12,9	15,0	14,3	170,0	125,2	14,3
C0116M	169,0	168,5	168,0	168,7	124,0	125,5	124,7	125,6	14,7	13,8	12,7	13,6	14,3	13,3	13,7	14,3	168,6	125,0	13,8
C0117M	168,7	168,2	168,0	168,0	121,2	125,5	126,0	122,0	14,0	13,5	12,0	13,0	13,3	14,2	13,0	12,2	168,2	123,7	13,2
C0118M	170,6	170,0	171,0	170,5	123,1	123,7	122,2	124,0	13,3	11,6	13,5	14,0	14,0	13,6	12,2	13,2	170,5	123,3	13,2
C0120M	168,5	169,0	168,0	168,3	122,7	123,9	122,3	122,3	13,3	13,5	11,7	12,1	13,0	12,7	13,0	12,1	168,5	122,8	12,7
C0212M	169,5	169,0	168,0	168,5	121,1	122,1	123,0	122,0	21,0	18,3	16,7	18,0	21,6	16,5	19,3	18,4	168,8	122,1	18,7

C0214M	168,5	168,1	168,0	168,1	124,1	122,1	122,1	124,0	16,4	18,0	16,6	17,2	15,7	18,5	16,2	18,4	168,2	123,1	17,1
C0220M	170,6	170,6	170,0	170,4	117,7	120,1	117,0	116,9	15,7	13,6	16,0	13,4	13,0	14,7	13,5	13,1	170,4	117,9	14,1
C0221M	168,1	168,8	169,0	168,0	117,5	116,5	111,3	111,6	13,9	14,9	12,7	13,6	13,5	15,9	13,5	13,0	168,5	114,2	13,9
C0324M	169,0	170,0	170,0	169,5	103,1	101,1	100,8	101,0	10,0	10,1	11,0	12,0	10,0	10,5	11,5	10,6	169,6	101,5	10,7
C0325M	170,9	171,0	171,0	169,7	103,0	103,5	103,8	103,1	11,3	10,3	10,4	11,7	11,1	11,5	11,4	11,7	170,7	103,4	11,2
C0410M*	169,0	168,5	168,0	168,4	123,1	125,4	122,3	124,4	16,6	17,9	18,0	18,6	19,5	17,6	18,7	19,0	168,5	123,8	18,2
A1515M	169,4	169,2	169,7	169,0	110,0	111,6	111,4	112,4	15,1	12,6	13,6	13,1	13,4	15,2	12,5	15,0	169,3	111,4	13,8
C0419M	168,0	169,0	168,5	169,5	119,4	118,0	118,8	117,3	14,3	12,9	14,2	15,5	13,1	12,6	14,6	14,2	168,8	118,4	13,9
C0422M*	170,0	170,0	170,3	170,1	117,0	116,5	116,8	115,9	12,0	13,0	12,9	13,9	13,2	13,0	12,2	13,5	170,1	116,6	13,0
A0617M	170,0	170,5	170,9	171,0	113,7	113,5	114,1	115,0	15,4	12,8	11,8	15,0	23,0	24,0	16,9	22,0	170,6	114,1	17,6
C0708M	169,0	169,8	169,6	169,1	124,4	121,3	121,3	123,0	18,1	19,9	18,8	18,5	19,0	17,1	16,1	18,9	169,4	122,5	18,3
C0713M	170,6	171,0	170,5	170,0	122,2	120,7	121,5	121,6	16,6	15,2	16,9	15,0	17,0	16,4	15,0	15,6	170,5	121,5	16,0
C0720M	170,5	170,0	170,0	169,9	116,3	114,6	117,4	118,0	14,0	13,6	15,0	13,4	13,1	14,0	14,0	15,2	170,1	116,6	14,0
C0910M	170,0	170,2	170,9	168,3	121,7	120,0	120,6	118,2	16,1	18,4	15,4	17,5	20,1	16,0	19,6	16,0	169,9	120,1	17,4
C0912M	169,0	169,6	170,0	170,7	118,3	118,3	119,1	120,0	19,2	16,4	17,3	17,7	17,3	15,6	15,1	16,2	169,8	118,9	16,9
C0913M	170,9	170,1	170,0	170,2	127,3	118,2	121,5	119,5	17,5	18,1	15,4	16,0	15,9	15,7	15,8	14,9	170,3	121,6	16,2
C0915M	170,5	170,0	169,0	168,5	118,4	118,5	120,0	118,0	16,3	14,6	15,0	16,1	14,7	14,7	16,2	13,2	169,5	118,7	15,1
C0917M	169,6	170,2	170,0	171,0	119,1	115,7	115,4	116,0	14,4	13,4	14,5	13,0	16,0	15,5	14,3	14,0	170,2	116,6	14,4
C1022M	169,0	168,7	168,0	168,8	112,4	113,3	113,4	113,8	13,9	12,4	14,0	12,4	13,0	11,2	13,0	12,1	168,6	113,2	12,8
C1113M	169,8	170,0	170,5	171,0	126,1	125,6	127,0	126,6	15,5	16,5	16,4	16,6	16,6	15,0	14,7	15,6	170,3	126,3	15,9
C1122M	169,1	169,5	171,0	168,9	119,9	122,7	120,0	120,0	11,5	12,8	13,0	12,7	13,6	13,0	11,9	14,2	169,6	120,7	12,8
C1124M	168,4	169,0	169,9	170,0	116,6	117,7	119,0	118,0	14,0	12,7	12,9	11,7	13,7	12,7	13,9	15,1	169,3	117,8	13,3
C1216M	169,4	169,1	169,4	169,0	120,0	118,5	122,2	118,9	12,4	15,0	13,5	12,0	14,6	15,7	15,6	12,7	169,2	119,9	13,9
A1219M	170,0	170,6	170,9	170,0	118,6	115,7	116,2	119,1	11,3	12,4	12,7	11,8	11,2	13,0	12,0	11,1	170,4	117,4	11,9
C1222M	169,4	168,9	168,0	169,0	115,0	117,6	115,0	118,0	12,7	12,6	12,0	10,8	11,4	10,9	12,7	13,4	168,8	116,4	12,1
C1224M	170,2	169,9	170,0	170,5	113,1	115,3	113,6	112,1	12,0	11,7	10,0	11,7	11,6	10,8	10,4	11,7	170,2	113,5	11,2

C0411M *	168,9	170,9	170,0	170,5	123,2	123,9	122,8	121,4	15,5	20,1	18,1	18,0	15,2	15,0	18,1	16,6	170,1	122,8	17,1
C0414M*	170,9	170,0	170,8	171,0	119,6	122,0	120,7	119,7	14,4	16,1	16,6	15,0	15,7	15,0	16,5	16,8	170,7	120,5	15,8
C0420M*	169,5	170,0	169,0	169,6	115,9	118,0	119,7	116,8	12,2	13,9	13,2	13,0	12,9	12,2	13,6	14,2	169,5	117,6	13,2
D0113M	170,1	170,4	170,6	169,9	113,6	110,0	113,6	110,0	14,7	14,4	12,8	16,2	15,0	18,0	18,7	16,2	170,3	111,8	15,8
D0124M	169,0	169,5	168,5	169,0	109,0	109,7	107,5	108,6	14,0	12,3	12,3	12,2	14,2	12,1	15,0	14,0	169,0	108,7	13,3
D0412M	168,9	168,5	169,3	169,5	113,4	114,7	113,9	114,3	15,0	15,0	14,0	14,6	17,1	16,3	17,9	17,0	169,1	114,1	15,9
D0420M	170,0	170,6	171,0	170,7	117,9	115,0	116,4	113,5	14,4	13,7	13,7	14,2	14,0	15,2	14,0	14,1	170,6	115,7	14,2
D0519M	170,5	170,9	171,0	169,9	112,5	111,3	110,0	110,2	13,0	13,5	13,0	15,7	15,0	13,4	12,6	13,0	170,6	111,0	13,7
D0525M	170,0	170,2	170,9	171,0	105,1	102,2	102,0	103,7	9,6	12,4	11,0	11,1	11,3	13,0	11,2	11,5	170,5	103,3	11,4
D0526M*	169,5	168,6	169,9	170,0	98,3	99,7	102,0	102,0	10,2	11,1	11,2	11,8	10,4	10,9	11,1	11,0	169,5	100,5	11,0
D0528M	170,0	169,3	170,9	171,0	97,3	99,4	109,6	97,8	11,5	9,9	10,5	10,5	10,0	9,5	11,0	11,8	170,3	101,0	10,6
D0616M	171,0	171,5	170,9	170,5	124,7	127,0	130,1	129,5	19,6	19,2	16,0	18,3	17,1	17,8	17,5	16,9	171,0	127,8	17,8
D0814M	168,6	168,1	168,0	168,9	129,3	126,3	125,9	124,6	19,3	17,0	16,1	18,5	20,0	19,0	19,2	17,0	168,4	126,5	18,3
D0820M	169,0	168,9	170,0	169,4	119,7	116,0	117,9	117,5	15,0	14,0	16,0	14,3	16,4	14,7	15,3	17,0	169,3	117,8	15,3
D0823M	170,0	170,0	169,4	169,6	115,0	114,5	112,6	112,9	15,8	14,5	14,6	15,5	12,9	15,0	14,5	14,4	169,8	113,8	14,7
D1016M	168,7	170,0	169,0	169,4	104,5	103,2	106,6	109,0	14,0	12,6	14,1	13,0	15,9	12,7	15,3	16,4	169,3	105,8	14,3
D1113M	170,0	170,5	169,3	168,9	121,0	119,4	119,8	119,6	16,0	18,6	19,5	11,3	17,0	16,9	15,0	17,4	169,7	120,0	16,5
D1117M	169,0	170,0	170,5	169,8	117,0	118,3	117,9	115,9	15,0	13,9	15,0	13,7	15,0	16,9	14,9	17,3	169,8	117,3	15,2
D1122M	168,8	169,0	169,7	169,0	105,3	105,7	108,4	113,0	13,9	13,0	13,3	13,1	13,5	13,8	14,0	14,2	169,1	108,1	13,6
D1124M	169,3	170,4	171,4	170,2	105,0	103,6	106,7	106,8	11,9	12,9	13,5	13,9	12,2	13,9	13,5	13,5	170,3	105,5	13,2
D1125M	169,0	169,5	170,0	170,5	105,6	103,6	102,8	106,6	17,5	13,4	13,2	12,7	13,0	13,1	11,5	12,4	169,8	104,7	13,4
D1214M	169,6	169,4	169,0	168,9	110,3	109,6	108,7	110,0	16,6	15,4	15,8	15,4	17,3	16,5	16,7	17,1	169,2	109,7	16,4
D1221M	169,2	168,2	168,6	168,0	101,7	103,0	103,7	101,0	12,5	13,7	13,3	12,7	11,3	11,8	11,6	10,8	168,5	102,4	12,2
D1323M	169,8	170,0	169,5	170,4	97,1	99,5	95,6	99,5	11,4	11,6	11,8	11,1	11,1	11,7	11,0	11,2	169,9	97,9	11,4
D1416M	168,2	168,0	168,9	169,0	115,6	116,1	115,7	118,3	12,5	15,0	16,7	17,3	18,7	19,1	17,0	16,0	168,5	116,4	16,5
D1421M	168,3	170,0	169,0	169,1	113,0	112,1	112,7	113,8	14,0	15,0	15,3	13,5	14,7	14,1	13,5	14,9	169,1	112,9	14,4

D1422M	168,5	168,0	168,7	168,3	110,2	109,0	111,3	110,4	13,4	15,5	14,4	13,8	13,7	14,3	13,0	12,8	168,4	110,2	13,9
D1424M	170,5	170,0	169,0	169,0	109,1	109,6	98,2	106,3	14,0	13,0	13,9	13,5	14,7	13,0	12,9	13,9	169,6	105,8	13,6
D0217M	168,0	168,5	168,4	169,0	104,0	105,0	102,1	105,0	12,4	13,3	12,3	11,6	12,3	12,5	12,2	12,4	168,5	104,0	12,4
D1320M	170,7	170,1	170,5	169,5	100,6	97,3	102,6	101,1	13,4	12,6	12,5	12,7	11,6	11,0	12,7	13,4	170,2	100,4	12,5
D0212M	169,1	169,0	168,5	169,6	105,5	104,4	103,6	102,2	16,6	16,1	16,8	15,3	14,1	14,0	12,5	13,6	169,1	103,9	14,9
D0325M	168,7	169,0	169,5	171,0	102,7	105,3	104,4	102,0	11,0	11,3	11,7	10,6	12,0	10,7	12,2	12,5	169,6	103,6	11,5
D0218M	170,0	170,9	170,8	171,0	105,7	103,0	103,6	102,6	12,7	12,3	12,0	11,7	13,4	12,0	12,0	12,1	170,7	103,7	12,3
C0317M	170,9	170,5	171,0	170,7	108,8	108,0	107,7	107,1	14,0	15,0	12,8	13,3	14,6	12,0	12,1	13,9	170,8	107,9	13,5
C0319M	169,5	170,0	170,5	171,0	106,3	100,1	106,0	106,0	13,2	14,0	12,4	12,0	11,4	13,3	13,9	11,0	170,3	104,6	12,7
A0618M	169,4	168,0	169,5	170,0	116,0	115,3	115,2	113,8	12,8	15,4	13,9	13,5	11,3	13,3	13,1	13,0	169,2	115,1	13,3
A0527M	169,0	168,0	168,5	168,8	96,7	98,0	99,2	101,0	9,7	10,0	11,4	10,9	10,7	9,5	10,5	11,0	168,6	98,7	10,5
B1513M*	168,7	168,0	169,0	169,5	128,6	127,5	125,7	124,4	16,0	15,2	15,9	16,0	16,3	16,3	16,1	15,0	168,8	126,6	15,9

Nota: * probetas excluidas.

ANEXO 20

Carga de falla de las probetas y esfuerzo último a compresión perpendicular, sección media de los cuatros rodiales.

No. Probeta	Nomenclatura	F(N)	σ_{uCp} (Mpa)	T. Ambiente °C	HR (amb)	CH (%)	M.E.C. (Mpa)
1	A0125M*	1171,86	6,56	25,50	72,00	184,75	59,18
2	A0126M*	1545,33	11,83	22,80	52,00	147,43	119,27
3	A0127M	996,08	5,95	27,00	61,00	160,28	100,56
4	A0128M	834,15	5,61	24,90	70,00	136,01	76,49
5	A0226M	513,76	5,53	25,50	70,00	173,11	51,22
6	A0427M	941,53	7,30	25,80	68,00	137,49	91,24
7	A0428M	729,77	6,28	23,80	53,00	149,56	42,45
8	A0616M	1077,02	3,92	23,10	52,00	140,07	71,50
9	A0724M	865,97	5,84	24,50	63,00	163,61	97,09
10	A0824M	951,80	5,37	24,30	53,00	141,97	39,35
11	A0825M	1085,27	6,41	24,70	57,00	176,49	50,75
12	A0826M*	1096,46	6,48	24,50	57,00	194,79	57,26
13	A0924M	779,66	7,61	24,10	54,00	166,39	61,96
14	A0925M	808,76	6,63	24,80	56,00	160,16	58,14
15	A0927M	831,49	7,29	23,10	57,00	161,73	51,95
16	A1126M	1109,76	8,11	27,10	55,00	150,00	78,22
17	A1227M	1093,85	8,37	25,70	72,00	146,59	85,81
18	A1228M	901,94	7,28	27,20	56,00	143,03	111,28
19	A1327M	986,59	6,25	23,40	52,00	146,24	56,93
20	A1329M	823,42	6,60	27,00	54,00	136,89	40,57
21	A1427M	918,99	7,69	26,00	70,00	153,57	105,51
22	A1428M	651,66	5,12	26,90	55,00	138,46	66,48
23	A1429M	960,56	7,19	24,80	78,00	146,99	120,61
24	A1523M*	575,13	4,93	23,00	58,00	202,94	33,41
25	A1525M*	521,12	4,29	25,10	67,00	210,57	39,31
26	A1526M*	667,33	5,89	25,10	64,00	82,96	29,03
27	B0109M	2066,44	7,58	24,80	57,00	149,17	39,71
28	B0115M	1550,60	6,75	23,80	74,00	152,85	110,47
29	B0116M	1425,98	8,37	24,10	53,00	138,48	51,46
30	B0118M	1543,95	8,40	22,90	59,00	127,82	101,63
31	B0119M	701,52	4,65	26,10	55,00	132,28	101,38
32	B0219M	2009,19	9,56	24,80	79,00	164,83	109,64
33	B0223M	1516,60	8,07	27,40	56,00	142,30	72,00
34	B0224M	1081,90	6,31	25,40	70,00	146,76	55,63
35	B0317M	1726,25	7,18	25,40	76,00	156,37	122,37
36	B0318M	1926,93	8,36	26,40	64,00	148,56	83,76

37	B0321M	2219,33	8,41	23,20	58,00	135,81	136,67
38	B0325M	1587,85	7,81	24,10	57,00	138,83	136,42
39	B0413M	1803,48	5,23	24,50	57,00	165,81	47,57
40	B0417M	1908,97	7,20	22,80	59,00	142,51	42,89
41	B0613M	2347,84	8,47	26,90	55,00	153,21	151,98
42	B0614M	1714,99	6,16	26,50	54,00	151,64	60,13
43	B0710M	2177,60	8,71	24,60	57,00	157,85	151,99
44	B0711M	2252,60	9,36	26,90	55,00	145,13	143,74
45	B0719M	1615,67	10,27	24,40	57,00	136,37	147,13
46	B0811M	1017,09	3,83	24,90	71,00	170,38	120,07
47	B0821M	1356,47	7,65	25,50	73,00	116,71	89,55
48	B0911M	1198,02	5,28	25,60	67,00	143,66	90,07
49	B0917M	1150,05	6,86	24,60	76,00	146,42	94,75
50	B0923M	1296,87	7,03	24,40	53,00	133,44	92,01
51	B1022M*	539,73	2,98	25,90	70,00	166,15	104,20
52	B1025M	1086,90	6,43	24,90	63,00	149,05	120,12
53	B1115M	2087,28	8,14	24,60	63,00	157,05	145,40
54	B1122M	1620,15	8,23	26,90	55,00	133,20	133,34
55	B1214M	1363,20	5,11	24,30	54,00	165,72	23,13
56	B1216M	1101,59	5,39	26,10	55,00	151,10	96,50
57	B1220M	1294,17	7,54	24,40	54,00	136,41	70,79
58	B1221M	1010,99	5,56	24,50	77,00	138,69	64,93
59	B1322M	1923,56	9,96	27,10	54,00	126,85	109,92
60	B1513M*	2960,38	13,25	25,40	62,00	123,88	174,46
61	B1514M	1929,71	8,92	25,80	71,00	118,56	111,49
62	B1519M	1352,07	6,45	25,90	71,00	130,10	56,88
63	C0111M	1711,42	6,37	26,80	56,00	107,82	132,61
64	C0112M	1371,08	5,95	27,50	53,00	122,00	135,40
65	C0113M	1734,32	8,09	24,70	57,00	121,17	137,04
66	A0114M	1300,27	7,00	26,40	64,00	126,17	158,40
67	C0116M	1478,23	8,63	24,90	57,00	110,51	170,76
68	C0117M	1558,10	9,94	24,10	54,00	132,42	174,21
69	C0118M	1124,10	7,02	25,50	72,00	120,17	174,00
70	C0120M	1221,93	8,32	25,30	64,00	130,82	163,09
71	C0212M	2126,30	6,58	23,10	56,00	124,00	93,47
72	C0214M	1620,53	6,07	24,90	70,00	122,93	101,54
73	C0220M	1578,92	8,22	25,40	73,00	135,39	192,43
74	C0221M	1357,98	7,17	23,20	54,00	137,79	183,47
75	C0324M	1269,47	9,93	25,40	74,00	118,87	165,76
76	C0325M	1450,27	10,55	26,10	67,00	117,99	168,96
77	C0410Mn*	1474,09	4,89	26,40	64,00	112,40	310,38
78	C0411M*	1164,55	4,33	25,40	76,00	110,72	247,45

79	C0414M*	3374,34	14,38	24,00	72,00	115,64	172,20
80	C0419M	1992,93	10,81	26,40	56,00	114,89	182,10
81	C0420M*	2389,22	14,38	22,50	54,00	115,11	248,93
82	C0422M*	1739,49	10,64	24,70	73,00	109,31	212,66
83	A0617M	1333,73	4,31	24,90	72,00	135,20	174,02
84	C0708M	2151,60	6,97	26,50	57,00	154,03	127,41
85	C0713M	1691,20	7,09	25,50	71,00	152,30	163,61
86	C0720M	1379,60	7,20	24,50	64,00	127,46	75,22
87	C0910M	2378,86	8,35	24,20	53,00	139,29	128,69
88	C0912M	1160,30	4,29	25,50	70,00	140,42	116,19
89	C0913M	1941,90	7,96	25,10	57,00	137,05	99,35
90	C0915M	1467,98	6,76	26,10	72,00	136,58	196,08
91	C0917M	1371,65	6,81	24,90	71,00	134,66	165,61
92	C1022M	1682,33	10,42	25,30	67,00	127,81	168,17
93	C1113M	1001,45	4,43	25,40	64,00	131,75	123,83
94	C1122M	1343,98	8,70	26,50	54,00	111,12	125,96
95	C1124M	931,47	5,47	26,10	55,00	120,50	106,08
96	C1216M	961,61	5,26	25,50	70,00	135,20	157,24
97	A1219M	1336,23	9,69	25,70	71,00	140,52	138,23
98	C1222M	1197,18	8,51	26,90	60,00	105,01	178,42
99	C1224M	1178,20	9,34	24,80	72,00	121,36	178,58
100	D0113M	1488,81	5,91	26,10	69,00	165,35	91,52
101	D0124M	1029,21	5,65	25,20	74,00	162,73	92,42
102	D0412M	2129,54	8,57	25,60	77,00	140,95	135,72
103	D0420M	765,80	3,88	25,40	71,00	129,76	93,51
104	D0519M	1644,55	8,62	24,80	72,00	149,29	113,11
105	D0525M	1226,70	8,59	25,50	71,00	135,05	117,46
106	D0526M*	1420,93	10,52	24,20	52,00	138,14	47,14
107	D0528M	946,71	7,52	25,40	71,00	144,27	42,13
108	D0616M	1852,89	6,56	25,80	69,00	126,63	90,90
109	D0814M	1608,99	5,44	25,70	67,00	140,13	118,17
110	D0820M	1566,49	6,95	24,80	62,00	138,22	124,49
111	D0823M	1404,94	6,58	25,30	73,00	134,72	125,75
112	D1016M	1271,23	5,87	25,00	71,00	116,00	67,80
113	D1113M	1555,01	6,08	26,20	55,00	147,46	119,94
114	D1117M	1162,96	5,21	23,40	61,00	155,27	108,44
115	D1122M	1037,79	5,38	25,20	60,00	134,68	84,91
116	D1124M	914,91	4,91	26,40	54,00	147,31	93,30
117	D1125M	1048,09	5,44	25,20	71,00	138,30	113,58
118	D1214M	1433,21	5,21	26,10	67,00	173,74	93,68
119	D1221M	1030,46	6,30	23,60	54,00	138,08	88,68
120	D1323M	1076,44	7,21	27,40	59,00	112,56	158,04

121	D1416M	1625,47	6,16	24,30	52,00	159,64	105,21
122	D1421M	1698,10	8,23	26,80	55,00	160,82	112,80
123	D1422M	1596,23	8,16	25,40	71,00	162,02	134,58
124	D1424M	1185,99	5,99	25,60	70,00	156,10	157,51
125	A1515M	1126,70	5,83	23,20	54,00	147,36	103,21
126	D0217M	1273,36	7,70	24,20	54,00	141,72	83,08
127	A1328M	1142,57	8,97	25,40	64,00	139,89	109,93
128	A0426M	1058,50	9,06	24,40	54,00	134,22	92,14
129	D1320M	1406,45	7,98	24,80	56,00	130,98	78,02
130	C0317M	1761,42	9,21	24,50	57,00	118,38	123,69
131	D0212M	1821,71	7,59	26,40	65,00	148,43	105,60
132	D0325M	1040,86	7,21	25,40	73,00	159,38	85,99
133	C0319M	916,29	5,28	26,60	56,00	109,11	133,52
134	A0618M	1179,31	6,81	24,90	69,00	142,50	90,51
135	A0527M	480,70	3,86	25,50	82,00	150,85	60,57
136	D0218M	1221,05	7,39	25,60	70,00	137,74	115,15

Nota: * probetas excluidas.