

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO
MECÁNICAS DEL BAMBÚ (*Guadua angustifolia* Kunth)
COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA EL DISEÑO DE
UNA VIVIENDA**

**Autores: Br. Jamer PÉREZ SÁNCHEZ
Br. Ericson Enfraim QUINTANA JARAMILLO**

**Asesor : Arq. Guillermo Arturo DÍAZ JÁUREGUI
Co-asesor : Ing. John Hilmer SALDAÑA NÚÑEZ**

CHACHAPOYAS - PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO
MECÁNICAS DEL BAMBÚ (*Guadua angustifolia* Kunth)
COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA EL DISEÑO DE
UNA VIVIENDA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES

Br. Jamer PÉREZ SÁNCHEZ

Br. Ericson Enfrain QUINTANA JARAMILLO

ASESOR : Arq. Guillermo Arturo DÍAZ JÁUREGUI

CO-ASESOR : Ing. John Hilmer SALDAÑA NÚÑEZ

CHACHAPOYAS

2019

DEDICATORIA

A Dios por la vida y la salud, por darnos las fuerzas para seguir adelante,
y el coraje necesario para sortear todos los obstáculos
que se presentaron en el camino, por enseñarnos a hacer frente a todas
las adversidades sin perder la dignidad ni desfallecer en el intento.

A toda nuestra familia que han sido un apoyo
incondicional durante toda nuestra formación académica
y en la realización de este trabajo, y a todas
aquellas personas que de manera desinteresada nos
ayudaron en nuestra formación
personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Especialmente a Dios y a nuestros padres quienes nos regalaron la vida, la educación, nos inculcaron valores y sobre todo nos regalaron la fortaleza para cumplir nuestras metas. A nuestros hermanos y hermanas que nos acompañaron en muchos momentos y nos dieron su apoyo incondicional y su confianza.

Un agradecimiento en especial a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A) y a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil quienes con su exigencia impartieron sus conocimientos en nuestra formación como Ingenieros Civiles.

A Laboratorio de Tecnología de la Madera – Departamento Académico de Industrias Forestales - Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Al Ing. Moisés Acevedo Mallque jefe de laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), por su apoyo desinteresado en la realización de los ensayos físico-mecánicos en laboratorio.

Al Arq. Guillermo Arturo Díaz Jáuregui, nuestro asesor de tesis, por todo el apoyo, consejos y conocimientos brindados para la realización de esta tesis.

Al Ing. John H. Saldaña Núñez, nuestro co-asesor de tesis, por todo el apoyo, consejos y conocimientos brindados para la realización de esta tesis.

Al Ing. Wagner Guzmán Castillo por todo el apoyo desinteresado, dedicación y compartir desinteresadamente sus conocimientos y experiencia profesional para la realización de esta tesis.

Al Ing. Elí Pariente Mondragón por todo el apoyo, consejos y compartir desinteresadamente sus conocimientos y experiencia profesional para la realización de esta tesis.

Al Ing. James Bacalla Chávez por todo el apoyo, conocimientos y la información compartida desinteresadamente para la realización de esta tesis.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Ing. M. Sc. EDWIN DÍAZ ORTIZ

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, Arq. Guillermo Arturo Díaz Jáuregui identificado con el DNI: 07732230, con domicilio legal en el Jr. Amazonas 1178, actualmente adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

DOY VISTO BUENO, a la tesis titulada, “EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DEL BAMBÚ (*Guadua angustifolia* Kunth) COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA”, que estuvo conducida por los tesisistas Jamer Pérez Sánchez y Ericson Enfrain Quintana Jaramillo, bachilleres de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

POR LO TANTO

Firmo la presente para mayor constancia

Chachapoyas, 15 de marzo del 2019



Arq. Guillermo Arturo Díaz Jáuregui

DNI: 07732230

VISTO BUENO DEL CO – ASESOR

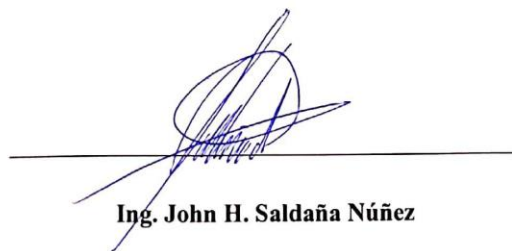
Yo, Ing. John H. Saldaña Núñez identificado con el DNI: 40368714, con domicilio legal en Prolg. Santo Domingo C-3, actualmente adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

DOY VISTO BUENO, a la tesis titulada, “**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DEL BAMBÚ (*Guadua angustifolia Kunth*) COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA**”, que estuvo conducida por los tesisistas Jamer Pérez Sánchez y Ericson Enfrain Quintana Jaramillo, bachilleres de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

POR LO TANTO

Firmo la presente para mayor constancia

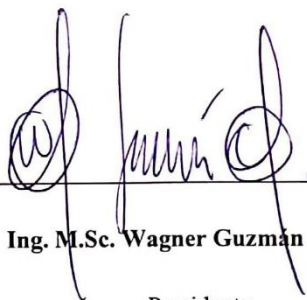
Chachapoyas, 15 de marzo del 2019



Ing. John H. Saldaña Núñez

DNI: 40368714

JURADO EVALUADOR



Ing. M.Sc. Wagner Guzmán Castillo

Presidente



Ing. M.Sc. Eli Pariente Mondragón

Secretario



M.Sc. Rosalynn Yohanna Rivera López

Vocal



ANEXO 2-0

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, JAMER PÉREZ SÁNCHEZ, identificado con DNI 70839162,
estudiante de la Escuela Profesional de
INGENIERÍA CIVIL de la Facultad de
INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL de la Universidad Nacional
Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DEL BAMBÚ (*Guadua angustifolia* Kunth) COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA EL DISEÑO DE UNA NUBENDA.
La misma que presento para optar:

EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 25 de MARZO de 2019..





ANEXO 2-0

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, ERICSON ENFRAM. QUINTANA JARAMILLO, identificado con DNI 74455805....
estudiante de la Escuela Profesional de
INGENIERÍA CIVIL de la Facultad de
INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL de la Universidad Nacional
Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DEL BAMBÚ
(Guadua angustifolia Kunth) COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA

La misma que presento para optar:

EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.....

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 25 deMARZO.....de 2019..





ANEXO 2-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 15 de marzo del año 2019, siendo las 3:00pm horas, el aspirante: Pérez Sánchez, Jomar defiende públicamente la tesis titulada: Evaluación de las características físico mecánicas del bambú (Guadua angustifolia kunth) como material alternativo para el diseño de una vivienda para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado, constituido por: Presidente: Wagner Guzmán Castillo
 Secretario: Eli Pariente Mondragón
 Vocal: Rosalynn Yohanna Rivera López



Procedió el (los) aspirante (s) a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraran oportunas, las cuales fueron contestadas por el los aspirante (s).
 Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.
 Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

Notable o sobresaliente () Aprobado () No apto ()

Otorgada la calificación el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 5:00 pm horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación de la tesis.

Eli Pariente Mondragón
SECRETARIO

Wagner Guzmán Castillo
PRESIDENTE

Rosalynn Yohanna Rivera López
VOCAL

OBSERVACIONES:



ANEXO 2-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 15 de marzo del año 2019, siendo las 3:00 pm horas, el aspirante: Quintana Jaramillo, Ericson Efraim defiende públicamente la tesis titulada: Evaluación de las características físico mecánicas del bambú (*Guzusia angustifolia kunth*) como material alternativo para el diseño de una vivienda para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado, constituido por: Presidente: Wagner Guzmán Castillo
Secretario: Eli Poriente Mondragón
Vocal: Rosalynn Rivera López



Procedió el (los) aspirante (s) a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideran oportunas, las cuales fueron contestadas por el los aspirante (s).

Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

Notable o sobresaliente () Aprobado () No apto ()

Otorgada la calificación el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 5:00 pm horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación de la tesis.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
PRESIDENTE

[Signature]
VOCAL

OBSERVACIONES:

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
RESUMEN	xxii
ABSTRACT	xxiii
I. INTRODUCCIÓN	24
II. MATERIAL Y MÉTODOS	28
2.1. Características locales	28
2.2. Materiales, herramientas y/o equipos	30
2.3. Diseño de la investigación	30
2.3.1. Metodología	31
2.3.2. Normas del muestreo	32
2.3.3. Principio del método de muestreo	32
2.3.4. Descripción del método	32
2.3.5. Procedimiento	32
2.3.5.1. Definición de la población	32
2.3.5.2. Selección de la zona	33
2.3.5.3. Selección de cañas	33
2.3.5.4. Selección de Trozas	33
2.3.5.5. Obtención de la probeta	33
2.3.5.6. Elaboración y acondicionamiento de probetas	33

2.3.6. Selección del bosque	33
2.3.6.1. Delimitación del espacio muestral.....	34
2.3.6.2. Determinación del número de muestras a ensayar	34
2.4. Ensayos (Físicos y Mecánicos).....	35
2.4.1. Normas de Ensayo.....	35
2.4.2. Bases para el tratamiento de datos	35
2.4.3. Procesos realizados en el tratamiento de datos	37
2.4.3.1. Tratamiento inicial de datos	37
2.4.3.2. Construcción de dispersogramas	38
2.4.3.3. Ajuste de curvas	38
2.4.3.4. Diagnóstico y análisis de curvas resultantes.....	38
2.4.3.5. Corrección de errores.....	40
2.4.3.6. Determinación de la distancia a desplazar	40
2.4.3.7. Construcción de la función lineal desplazada	41
2.4.3.8. Construcción de la función cuadrática desplazada.....	42
2.4.3.9. Construcción de la función cubica desplazada.....	43
2.4.3.10. Formulación de funciones y construcción de curvas ideales de comportamiento	44
2.5. Ensayos Realizados	45
2.5.1. Ensayos de las propiedades físicas.....	45
2.5.1.1. Contenido de humedad.....	45
2.5.1.2. Densidad	50
2.5.1.3. Contracción Volumétrica.....	56

2.5.2. Ensayos de las propiedades mecánicas	61
2.5.2.1. Compresión paralela a la fibra.....	61
2.5.2.2. Compresión perpendicular a la fibra	74
2.5.2.3. Flexión estática.....	86
2.5.2.4. Tracción paralela a la fibra	93
2.5.2.5. Corte paralelo a la fibra	97
2.6. Procesamiento de datos	102
2.6.1 Procesos realizados en el tratamiento estadístico de datos	102
2.6.2 Procesamiento por tipo de ensayo realizado	105
2.6.2.1. Procesamiento para ensayos de carácter físico.....	105
2.6.2.1.1. Procesamiento de datos: contenido de humedad	105
2.6.2.1.1.1. Tratamiento estadístico: contenido de humedad.....	105
2.6.2.1.2. Procesamiento de datos: Densidad.....	106
2.6.2.1.2.1. Tratamiento estadístico: Densidad	106
2.6.2.1.2.2. Construcción de curvas: Densidad.....	107
2.6.2.1.3. Procesamiento de datos: contracción.....	108
2.6.2.1.3.1. Tratamiento estadístico: contracción	108
2.6.2.1.3.2. Construcción de curvas	109
2.6.2.2. Procesamiento para ensayos de carácter mecánico	110
2.6.2.2.1. Procesamiento de datos: compresión paralela a la fibra	114
2.6.2.2.1.1. Tratamiento estadístico: compresión paralela a la fibra.....	114
2.6.2.2.1.2. Construcción de curvas: compresión paralela a la fibra	116
2.6.2.2.2. Procesamiento de datos: compresión perpendicular a la fibra.....	133
2.6.2.2.2.1. Tratamiento estadístico: compresión perpendicular a la fibra ..	133
2.6.2.2.2.2. Construcción de curvas	134

2.6.2.2.3.	Procesamiento de datos: flexión estática	150
2.6.2.2.3.1.	Tratamiento estadístico: flexión estática.....	150
2.6.2.2.3.2.	Construcción de curvas: flexión estática.....	151
2.6.2.2.4.	Procesamiento de datos: Tracción Paralela a la fibra	160
2.6.2.2.4.1.	Tratamiento estadístico: Tracción Paralela a la fibra.....	160
2.6.2.2.5.	Procesamiento de datos: Corte Paralelo a la Fibra.....	161
2.6.2.2.5.1.	Tratamiento estadístico: Corte Paralelo a la Fibra	161
III.	RESULTADOS	162
3.1.	Ensayos de Carácter Físico	162
3.1.1.	Contenido de Humedad.....	162
3.1.2.	Densidad.....	163
3.1.3.	Contracción	165
3.2.	Ensayos de Carácter Mecánico	166
3.2.1.	Compresión Paralela a la Fibra	166
3.2.2.	Compresión Perpendicular a la Fibra	169
3.2.3.	Flexión Estática.....	172
3.2.4.	Tracción Paralela a la Fibra.....	173
3.2.5.	Corte Paralelo a la Fibra.....	174
IV.	DISCUSIÓN.....	175
V.	CONCLUSIONES	182
VI.	RECOMENDACIONES.....	183
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	184
VIII.	ANEXOS	185

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de probetas a utilizar en la investigación.	34
Tabla 2: Datos obtenidos de laboratorio probetas 1 al 15 – Contenido de Humedad (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	46
Tabla 3: Datos obtenidos de laboratorio probetas 16 al 30 – Contenido de Humedad (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	47
Tabla 4: Datos obtenidos de laboratorio probetas 31 al 40 – Contenido de Humedad (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	48
Tabla 5: Datos procesados – Contenido de Humedad (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	49
Tabla 6: Datos obtenidos de laboratorio probetas 1 al 10 – Densidad (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	51
Tabla 7: Datos obtenidos de laboratorio probetas 11 al 20 – Densidad (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	52
Tabla 8: Datos obtenidos de laboratorio probetas 21 al 30 – Densidad (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	53
Tabla 9: Datos obtenidos de laboratorio probetas 31 al 40 – Densidad (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	54
Tabla 10: Datos procesados – Densidad Verde, Densidad Anhidra y Densidad Básica (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	55
Tabla 11: Datos obtenidos de contracción volumétrica Probetas 1 al 15 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	57
Tabla 12: Datos obtenidos de contracción volumétrica Probetas 16 al 30 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	58
Tabla 13: Datos obtenidos de contracción volumétrica Probetas 31 al 40 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	59

Tabla 14: Datos procesados – Contracción Volumétrica (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth)....	60
Tabla 15: Datos obtenidos de laboratorio. Comp. Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	62
Tabla 16: Diámetro, espesor, altura de la probeta, área, contenido de humedad, Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	63
Tabla 17: Datos procesados, Comp. Paralela a la Fibra Con Nodo - Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth). (Lectura 1 – 20).....	63
Tabla 18: (Continuación) Datos procesados, Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth). (Lectura 21 – 50).	64
Tabla 19: Datos obtenidos de laboratorio. Comp. Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	68
Tabla 20: Diámetro, espesor, altura de la probeta, área, contenido de humedad. Comp. Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	69
Tabla 21: Datos procesados, Compresión Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth). (Lectura 1 – 20).....	69
Tabla 22: (Continuación) Datos procesados, Compresión Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth). (Lectura 21 – 49).	70
Tabla 23: Datos obtenidos de laboratorio. Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	75
Tabla 24: Diámetro, espesor, altura de probeta y contenido de humedad. Comp. Perpendicular a la Fibra Con Nodo- Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	76
Tabla 25: Datos procesados, Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nodo- Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth). (Lectura 1 – 35).....	76
Tabla 26: (Continuación): Datos procesados, Comp. Perpendicular a la Fibra Con Nodo- Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth). (Lectura 36 – 84)	77

Tabla 27: Datos obtenidos de laboratorio. Comp. Perpendicular a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	81
Tabla 28: Diámetro, espesor, altura de probeta y contenido de humedad. Comp. Perpendicular a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	82
Tabla 29: Datos procesados, Comp. Perpendicular a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	82
Tabla 30: Datos obtenidos de laboratorio. Flexión Estática - Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	87
Tabla 31: Diámetro, espesor, longitud, área promedio, inercia y contenido de humedad. Flexión Estática – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	88
Tabla 32: Datos procesados, Flexión Estática – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth). (Lectura 1 – 20)	88
Tabla 33: (Continuación) Datos procesados, Flexión Estática- Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth). (Lectura 21 – 45).....	89
Tabla 34: Datos obtenidos de laboratorio. Tracción Paralela a la Fibra (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	94
Tabla 35: Dimensiones de las probetas, tiempo de falla, área transversal, carga, esfuerzo y contenido de humedad. Tracción Paralela a la Fibra (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth)	95
Tabla 36: Datos obtenidos de laboratorio, Corte Paralelo a la Fibra, Probetas 1 al 20 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	98
Tabla 37: Datos obtenidos de laboratorio, Corte Paralelo a la Fibra, Probetas 21 al 40 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	99
Tabla 38: Dimensiones de las probetas, carga, Área de corte, resistencia al corte, relación diámetro/espesor y contenido de humedad Corte Paralelo a la Fibra, Probetas 1 al 40 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	100

Tabla 39: Tratamiento estadístico: Contenido de Humedad por probetas ensayadas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	105
Tabla 40: Tratamiento estadístico: Densidad por probetas ensayadas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	106
Tabla 41: Valores para construir curva: Densidad vs Contenido de Humedad.....	107
Tabla 42: Tratamiento estadístico: Contracción Volumétrica Total por probetas ensayadas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	108
Tabla 43: Valores para construir curva: Contracción Volumétrica Total vs Contenido de Humedad de la <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	109
Tabla 44: Procesamiento estadístico, Compresión Paralela a las Fibras De Probetas Con Nudo.	114
Tabla 45: Procesamiento estadístico, Compresión Paralela a las Fibras de Probetas Sin Nudo.	115
Tabla 46: Tabulación general (Parte 1), compresión paralela a las fibras de probetas con nudo.	116
Tabla 47: Tabulación general (Parte 2), compresión paralela a las fibras de probetas con nudo.	117
Tabla 48: Tabulación general (Parte 3), compresión paralela a las fibras de probetas con nudo.	118
Tabla 49: Tabulación general (Parte 4), compresión paralela a las fibras de probetas con nudo.	119
Tabla 50: Modelamiento Matemático de Comportamiento, Punto de Fluencia, Punto de Rotura y Tabulación Promedio Final: compresión paralela a la fibra, probetas con nudo.	121
Tabla 51: Tabulación general (Parte 1), compresión paralela a las fibras de probetas sin nudo.	124

Tabla 52: Tabulación general (Parte 2), compresión paralela a las fibras de probetas sin nodo.	125
Tabla 53: Tabulación general (Parte 3), compresión paralela a las fibras de probetas sin nodo.	126
Tabla 54: Tabulación general (Parte 4), compresión paralela a las fibras de probetas sin nodo.	127
Tabla 55: Modelamiento Matemático de Comportamiento, Punto de Fluencia, Punto de Rotura y Tabulación Promedio Final: compresión paralela a la fibra, probetas sin nodo.	129
Tabla 56: Procesamiento estadístico, compresión perpendicular a las fibras de probetas con nodo.	133
Tabla 57: Procesamiento estadístico, compresión paralela a las fibras de probetas sin nodo.	134
Tabla 58: Tabulación general (Parte 1), compresión perpendicular a las fibras de probetas con nodo.	135
Tabla 59: Tabulación general (Parte 2), compresión perpendicular a las fibras de probetas con nodo.	136
Tabla 60: Modelamiento Matemático de Comportamiento, Punto de Fluencia, Punto de Rotura y Tabulación Promedio Final: compresión perpendicular a la fibra, probetas con nodo.	138
Tabla 61: Tabulación general (Parte 1), compresión perpendicular a las fibras de probetas sin nodo.....	141
Tabla 62: Tabulación general (Parte 2), compresión perpendicular a las fibras de probetas sin nodo.....	142
Tabla 63: Tabulación general (Parte 3), compresión perpendicular a las fibras de probetas sin nodo.....	143

Tabla 64: Tabulación general (Parte 4), compresión perpendicular a las fibras de probetas sin nodo.....	144
Tabla 65: Modelamiento Matemático de Comportamiento, Punto de Fluencia, Punto de Rotura y Tabulación Promedio Final: compresión perpendicular a la fibra, probetas sin nodo.	146
Tabla 66: Procesamiento Estadístico, Flexión Estática.....	150
Tabla 67: Tabulación general (Parte 1), Flexión Estática.	151
Tabla 68: Tabulación general (Parte 2), Flexión Estática.	152
Tabla 69: Tabulación general (Parte 3), Flexión Estática.	153
Tabla 70: Tabulación general (Parte 4), Flexión Estática.	154
Tabla 71: Tabulación general (Parte 5), Flexión Estática.	155
Tabla 72: Modelamiento Matemático de Comportamiento, Punto de Fluencia, Punto de Rotura y Tabulación Promedio Final: Flexión Estática.....	157
Tabla 73: Tratamiento estadístico: Tracción Paralela a la Fibra.	160
Tabla 74: Tratamiento estadístico: Corte Paralelo a la Fibra.	161
Tabla 75: Resultados finales compresión paralela a la fibra (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	167
Tabla 76: Resultados finales compresión perpendicular a la fibra (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	170
Tabla 77: Resultados finales Flexión Estática (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	172
Tabla 78: Resultados finales tracción paralela a la fibra (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth). .	173
Tabla 79: Resultados finales corte paralelo a la fibra (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	174
Tabla 80: Porcentaje de límite proporcional con respecto al límite de rotura para compresión paralela a la fibra (probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	177

Tabla 81: Relación: Esfuerzo en el límite proporcional Compresión Paralela a la fibra-
esfuerzo en el límite proporcional compresión perpendicular a la fibra (*Guadua*
angustifolia Kunth)..... 178

Tabla 82: Relaciones esfuerzos Flexión Estática (probetas de *Guadua angustifolia* Kunth).
..... 180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas Típicas de Comportamiento Esfuerzo-Deformación Unitaria para maderas.....	36
Figura 2. Dispersograma, Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	65
Figura 3. Ajuste, Comp. Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	66
Figura 4. Comportamiento, Comp. Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	67
Figura 5. Dispersograma, Compresión Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	71
Figura 6. Ajuste, Comp. Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	72
Figura 7. Comportamiento, Comp. Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	73
Figura 8. Dispersograma, Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nodo- Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	78
Figura 9. Ajuste, Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	79
Figura 10. Comportamiento, Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nodo - Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	80
Figura 11. Dispersograma, Compresión Perpendicular a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	83
Figura 12. Ajuste, Compresión Perpendicular a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	84

Figura 13. Comportamiento, Comp. Perpendicular a la Fibra Sin Nudo- Probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	85
Figura 14. Dispersograma, Flexión Estática – probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth)....	90
Figura 15. Ajuste, Flexión Estática – probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	91
Figura 16. Ajuste, Flexión Estática – probeta 1 (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	92
Figura 17. Gráfico de barras esfuerzo máximo, Tracción Paralela a la Fibra (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	96
Figura 18. Gráfico de barras, esfuerzo máximo al Corte Paralelo a la Fibra, Probetas (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	101
Figura 19. Explicación y deducción Gráfica del límite de exclusión.	103
Figura 20. Curva Densidad vs Contenido de Humedad de probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	107
Figura 21. Curva Contracción Volumétrica Total vs Contenido de Humedad de probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	109
Figura 22. Curva ajustada de ensayo a Compresión Paralela a la Fibra – Con Nudo.....	120
Figura 23. Curva de comportamiento promedio: Compresión Paralela a la Fibra – Probetas Con Nudo.....	122
Figura 24. Curva de Comportamiento Promedio y Curvas de Comportamiento de todas las probetas sometidas a Compresión Paralela a la Fibra (Probetas Con Nudo).	123
Figura 25. Curva ajustada de ensayo a Compresión Paralela a la Fibra – Sin Nudo.	128
Figura 26. Curva de comportamiento promedio: Compresión Paralela a la Fibra – Probetas sin nodo.....	130
Figura 27. Curva de Comportamiento Promedio y Curvas de comportamiento de todas las probetas sometidas a Compresión Paralela a la Fibra (Probetas Sin Nudo).....	131

Figura 28. Comparación Gráfica Curva de Comportamiento Promedio Esfuerzo vs Deformación Unitaria de probetas ensayadas a Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo y Sin Nodo.	132
Figura 29. Curva ajustada de ensayo a Compresión Perpendicular a la Fibra – Con Nodo.	137
Figura 30. Curva de comportamiento promedio: Compresión Perpendicular a la Fibra – Probetas Con Nodo.	139
Figura 31. Curva de Comportamiento Promedio y Curvas de Comportamiento de todas las probetas sometidas a Compresión Perpendicular a la Fibra (Probetas Con Nodo).	140
Figura 32. Curva ajustada de ensayo a Compresión Perpendicular a la Fibra – Sin Nodo.	145
Figura 33. Curva de comportamiento promedio: Compresión Perpendicular a la Fibra – Probetas Sin Nodo.	147
Figura 34. Curva de Comportamiento Promedio y Curvas de comportamiento de todas las probetas sometidas a Compresión Perpendicular a la Fibra (Probetas Sin Nodo).	148
Figura 35. Comparación Gráfica Curva de Comportamiento Promedio Esfuerzo vs Deformación Unitaria de probetas ensayadas a Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nodo y Sin Nodo.	149
Figura 36. Curva ajustada de ensayo a Flexión Estática.	156
Figura 37. Curva de comportamiento promedio: Flexión Estática.....	158
Figura 38. Curva de Comportamiento Promedio Esfuerzo y Deformación Unitaria de todas las probetas sometidas a Flexión Estática.....	159
Figura 39. Contenido de humedad y valor promedio probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	162
Figura 40. Valor promedio, densidad probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.....	163

Figura 41. Valores comparativos, densidad probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	164
Figura 42. Valores, contracción volumétrica probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth. ..	165
Figura 43. MOE, Compresión Paralela a la Fibra (Probeta de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	166
Figura 44. ESF. ADM., Compresión Paralela a la Fibra (Probeta de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	166
Figura 45. Comparación Gráfica Curva de Comportamiento Promedio Probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth con nodo VS Curva de Comportamiento Promedio Probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth sin nodo Compresión Paralela a la Fibra.	168
Figura 46. MOE, Compresión Perpendicular a la Fibra (Probeta de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	169
Figura 47. ESF. ADM., Compresión Perpendicular a la Fibra (Probeta de <i>Guadua</i> <i>angustifolia</i> Kunth).....	169
Figura 48. Comparación Gráfica Curva de Comportamiento Promedio Probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth con nodo VS Curva de Comportamiento Promedio Probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth sin nodo Compresión Perpendicular a la Fibra.....	171
Figura 49. MOE, Flexión Estática (Probeta de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).	172
Figura 50. Esfuerzos, Tracción Paralela a la Fibra (Probeta de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth).....	173
Figura 51. Esfuerzos, corte paralelo a la fibra: probetas de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	174

RESUMEN

La presente investigación se basa fundamentalmente en verificar las características tanto físicas como mecánicas del Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) para su uso estructural como material alternativo en la construcción de viviendas. El problema básicamente en las zonas rurales es el déficit habitacional, siendo de este modo el empleo del Bambú una excelente alternativa para mitigar este déficit ya que es un recurso natural de muy pronta renovación y cuyo costo de obtención es relativamente bajo en comparación a otros materiales de construcción. La metodología empleada consistió en la elección del bosque de cañas de Bambú, luego la selección de las cañas de los cuales se va a obtener las trozas, preparación, acondicionamiento y ensayo de probetas con nodo y sin nodo en laboratorio. Las muestras para nuestros ensayos se obtuvieron del fundo “El Huerto” en la localidad El Muyo, Aramango, Bagua, Amazonas, cuya preparación y acondicionamiento se realizaron en la misma localidad, y para los ensayos respectivos se llevaron a cabo en la ciudad de Lima, Distrito La Molina, en la Universidad Nacional Agraria de La Molina. Llegando a la conclusión con esta investigación que física y mecánicamente el Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) presenta mejores características estructurales incluso que muchas especies maderables; llegando abarcar los 34159.033 Mpa en probetas con nodo y 29924.250 Mpa en probetas sin nodo para el ensayo de compresión paralela a la fibra, de la misma forma se ha obtenido 12007.388 Mpa en probetas con nodo y 4171.791 en probetas sin nodo para el ensayo de compresión perpendicular a la fibra, en el ensayo de flexión se obtuvo 11686.602 Mpa, para corte paralelo a las fibras se obtuvo un esfuerzo promedio de rotura de 3.552 Mpa y en tracción paralela a las fibras se obtuvo un esfuerzo de rotura promedio de 44.487 Mpa. por lo tanto, puede ser usado como un material alternativo en la construcción de viviendas.

Palabras clave: Bambú, Diseño de vivienda, Material alternativo, Probetas.

ABSTRACT

The present investigation is fundamentally based on verifying the physical and mechanical characteristics of the Bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) for its structural use as an alternative material in the construction of houses. The problem basically in the rural areas is the housing deficit, being this way the use of the Bamboo an excellent alternative to mitigate this deficit since it is a natural resource of very quick renovation and whose cost of obtaining is relatively low in comparison to other materials of construction. The methodology used consisted in the choice of the Bamboo canes forest, then the selection of the canes from which the logs will be obtained, preparation, conditioning and testing of specimens with node and no node in the laboratory. Samples for our trials were obtained from the "El Huerto" farm in the town of El Muyo, Aramango, Bagua, Amazonas, whose preparation and conditioning were carried out in the same locality, and for the respective tests were carried out in the city of Lima, La Molina District, at the National Agrarian University of La Molina. Concluding with this research that physically and mechanically the Bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) presents better structural characteristics even than many timber species; reaching encompassing the 34159.033 Mpa in specimens with node and 29924.250 Mpa in specimens without a node for the compression test parallel to the fiber, in the same way 12007.388 Mpa has been obtained in specimens with node and 4171.791 in specimens without a node for the perpendicular compression test to the fiber, in the bending test 11686.602 Mpa was obtained, for cutting parallel to the fibers an average breaking stress of 3.552 Mpa was obtained and in traction parallel to the fibers an average break stress of 44.487 Mpa was obtained. therefore, it can be used as an alternative material in housing construction.

Keywords: Bamboo, Home Design, Alternative material, Test Tube.

I. INTRODUCCIÓN

El avance y desarrollo tecnológico a nivel global ha crecido de manera exponencial en las últimas décadas, particularmente en la industria de la construcción que día a día nos presentan diversos retos y a la par de ello nuevas alternativas con materiales de innovación, siendo los materiales más empleados el acero y el concreto para realizar obras de gran envergadura que soportan grandes solicitaciones de cargas. No obstante, si nos enfocamos en el común denominador de la población que es la parte rural de todo los países en vías de desarrollo en Latinoamérica, la demanda habitacional es bastante elevado, y emplear dichos materiales convencionales requiere una considerable inversión económica debido al alto costo que por lo general se emplea, lo cual no es asequible para muchos. En el afán de buscar nuevas alternativas de construcción más sostenibles y económicas nos encaminamos en esta investigación presentando al bambú como una alternativa.

El presente estudio pretende exhibir las principales características del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), sus usos y sus competencias en general. No obstante, este estudio focaliza su atención en la aptitud estructural del bambú mediante la aplicación práctica al estudio y análisis de una vivienda a base de bambú. El bambú es una planta con características especiales, la cual puede ser usada como material en la edificación de grandes claros, no solo desde el campo del diseño arquitectónico, sino en construcciones de bajo costo que prioricen el cuidado del medio ambiente, así como soporte en el desarrollo de economías en vías de desarrollo.

Si comparamos frente a otros materiales tradicionales de construcción su competitividad es alta debido a que posee características mecánicas de fuerza y resistencia admirable en relación con su peso y extrema ligereza, razón por la cual muchos autores lo han catalogado como el “acero vegetal”. Cuando un árbol requiere entre 12 y 15 años para su utilización, el bambú puede ser utilizado como un insumo a los tres años, y después cada año su aprovechamiento continúa como nuevo material (hijuelos maduros).

Mediante este documento se busca también ahondar el conocimiento en las técnicas constructivas a través de los usos estructurales del bambú, a la par de ello promover su mayor utilización y difusión local y nacional de acuerdo a las nuevas tendencias constructivas generando mayor sensibilidad medioambiental de la arquitectura e ingeniería de estructuras.

En Latinoamérica existe un material que, por sus propiedades, abundancia y bajo costo representa una alternativa constructiva para la solución de estos problemas. Se trata del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) que no es más que una planta pariente del arroz y maíz y es el único dinosaurio vegetal viviente sobre el planeta, capaz de convertirse en gran opción ecológica y económica para la construcción; por tal motivo es necesario desarrollar nuevas alternativas que sean más amigables con el medio ambiente y que se inclinen más al desarrollo sostenible, que no requieran grandes procesos industrializados y a su vez sean más accesibles desde el punto de vista económico para todos los sectores de la sociedad (Escalona, Hernández y Requena, 2017).

Gran parte de la humanidad utiliza a diario el bambú debido a que se representa como una alternativa ante materiales más costosos y tal vez a un futuro su utilización sea de forma masiva, como fuente de energía y reemplazo de madera de árboles por tratarse de un material fácilmente renovable (Rodríguez, 2006).

El problema del déficit habitacional lo viven en distintas partes del mundo debido a la sobrepoblación, la falta de empleo y diversos motivos que ocasionan bajos recursos económicos en la población y que no cuenten con una vivienda digna o en el peor de los casos no cuenten con ninguna, por tal razón se realizan diversos proyectos que soluciones este déficit habitacional, siendo la hechas con *Guadua* mucho más seguras, prácticas y económicas (Villada, 2015).

En consecuencia, los proyectos que frecuentemente usan bambú están diseñados para atender básicamente problemas relacionados a la construcción de viviendas, el aspecto medio ambiental, como también desigualdades socioeconómicas.

Hoy en día la economía del país ha causado una disminución notable de la construcción con materiales convencionales generando gran escasez de los mismos, sumando a esta situación el desmesurado crecimiento poblacional, ha ocasionado un déficit habitacional, reflejándose esto más en el sector rural (INEI, 2017). Es por eso que los ingenieros no solo piensan en obras majestuosas sino también en brindar un espacio a la solución de falta de viviendas, principalmente para los sectores marginados de la sociedad aplicando métodos constructivos que permita un rendimiento más elevado, con menos tiempo y reducción de costos.

En torno a lo mencionado nos formulamos el siguiente problema, ¿es el Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) un material alternativo para la construcción de viviendas? Para llevar a

cabo esta investigación nos hemos trazados los siguientes objetivos, como objetivo general evaluar viabilidad del Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) como material alternativo mediante ensayos físicos y mecánicos para las diferentes aplicaciones en estructuras, y como objetivos específicos identificar las propiedades y características de la *Guadua angustifolia* Kunth como material de construcción, analizar el comportamiento de la *Guadua angustifolia* Kunth como elemento estructural para la construcción de viviendas y diseñar una vivienda que cumpla con las propiedades estructurales y técnicamente optimice el sistema constructivo.

Es muy importante clasificar por resistencia el bambú de nuestra región como primer paso para resolver el problema existente y en base a ello potenciar su empleo como material estructural y garantizar la confiabilidad en su uso; así mismo la expansión de la utilización de este recurso generaría un aumento de la actividad económica regional y mejoras sustanciales en el medio ambiente, todo esto se debe a la poca energía requerida para su transformación.

Es por eso que esta investigación pretende conocer las características estructurales del bambú, y sirva como instrumento de referencia dando alcances científicos respecto a su utilización; enfocándonos principalmente en la capacidad estructural del bambú mediante la aplicación práctica a viviendas simples. De este modo, se pretende ahondar el conocimiento existente del uso estructural del bambú.

Los usos que se le da al Bambú dentro de la construcción tanto por su durabilidad y por su resistencia son diversos. Morán (2015) en el Manual de Construcción con Bambú menciona: “Los testimonios de la durabilidad del bambú son edificaciones aún existentes que fueron construidas hace más de 100 años a lo largo del Eje Cafetero en Colombia, o en ciudades como Guayaquil, Jipijapa, Montecristi en Ecuador. En la Costa Norte del Perú como Piura y Tumbes, existe también una larga tradición del uso del bambú como principal material para la construcción de viviendas” (p.3). Además, en cuanto a la resistencia Velasco (2002) indica: “Aquí en Ecuador en la construcción de losas de Hormigón con Caña Guadua, usada como hierro estructural de casas residenciales empleando la Guadua como el Acero vegetal del siglo XXI” (p.8).

Se realizaron estudios en Colombia por parte la Universidad Politécnica de Madrid en los cuales rescatan que la *Guadua angustifolia* Kunth es un tipo de bambú que tiene un uso

ancestral para construcción en Colombia. Es utilizado en construcción por sus características, principalmente por su alto grado de sismo resistencia y por su bajo costo, cuyas propiedades lo hacen adecuadas para llevar a cabo este proyecto. Navas (2011) en su proyecto de fin de carrera hace mención a técnicas de construcción con Bambú en la región antioqueña, Manizales, mencionando las técnicas de construcción que consistía en la construcción de las paredes mediante cañas de Guadua y barro, en muchas ocasiones la Guadua se empezó a sustituir a las maderas, principalmente en las edificaciones con mayor poder adquisitivo para su construcción debido a su bajo precio, por ser un material muy abundante y por tener una técnica de construcción rápida, la guadua era y es muy utilizada por la gente con menos recursos económicos.

Ante los diversos embates de la naturaleza que ha sido azotado gran parte del mundo, el Perú no estuvo exento de ello, siendo el bambú uno de los principales materiales con el que se hizo posible la reconstrucción y dando un techo a innumerables familias. Orosco (2009) identificó que recién al término del siglo XX, ante la destrucción masiva de viviendas por causa de los fenómenos naturales y para resistir a esos embates protegiendo la vida humana, al bambú se le da el valor que se merece; gracias a la labor de muchos artesanos, arquitectos e ingenieros. Formando desde entonces parte de la arquitectura de las viviendas como lo indica Cerrón (2014) el bambú ha estado presente en las construcciones tradicionales del Perú, en diferentes regiones, modalidades y épocas de la historia de la arquitectura peruana.

En torno a ello, el Proyecto Perú Bambú enfocó su trabajo en la parte nororiental del Perú en los departamentos de Cajamarca (San Miguel), Amazonas (Bagua y Santa María Nieva) y San Martín (Moyobamba, Rioja, Lamas) entre otros, se encuentran formaciones naturales importantes de *Guadua spp.*, entre las que se encuentra la *Guadua angustifolia* (caña guayaquil, paca, guadua, marona) utilizada en pequeña escala en construcciones rurales y comercializado para atender la demanda en la costa (Takahashi, 2013).

Debido la creciente demanda del bambú para la construcción de viviendas el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento el 03 de marzo del 2012 se aprobó la norma E. 100 Bambú, que establece los lineamientos técnicos que se deben seguir obligatoriamente para el diseño y construcción de edificaciones sismo resistentes con bambú en el Perú.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la ciudad de Lima, en el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), en todo lo que concierne a la ejecución de los ensayos físico-mecánicos del bambú.

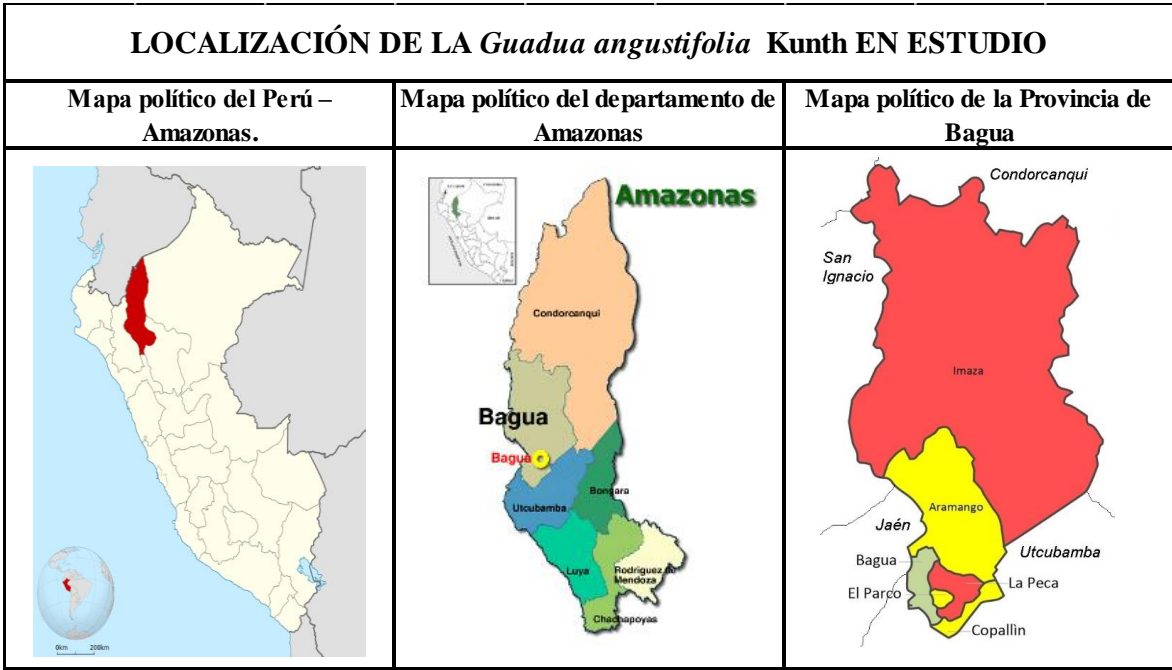
2.1. Características locales

La presente tesis de investigación se realizó en la región de Amazonas, Provincia de Bagua, Distrito de El Muyo.

Las guaduas usadas en esta investigación, procedieron únicamente del fundo “El Huerto”, cuyas características locales son las siguientes:

COORDENADAS UTM:	
ESTE	NORTE
782339.39	9401613.16

Altitud promedio	: 360 msnm.
Temperatura	: 22 - 34 °C.
Humedad relativa	: 90%.
Precipitación anual	: 1000-1500 mm
Topografía	: Accidentada.



Mapa 01: Localización de la *Guadua angustifolia* Kunth.

2.2. Materiales, herramientas y/o equipos

MATERIALES, HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	
En la etapa de campo (extracción y habilitación)	Equipos de protección personal (casco, chaleco, guantes, Calculadora. Útiles de escritorio (papel, lápices, etc.) Cámara Fotográfica. GPS marca Garmin. Wincha metálica. Motosierra. Machetes. Marcadores indelebles. Movilidad.
En la preparación de trozas y probetas (acondicionamiento)	Sierra de cinta.
En la etapa de laboratorio (Ambientes, equipos e instrumentos del Laboratorio de Tecnología de la Madera - Departamento Académico de Industrias Forestales de la UNALM).	Balanza Electrónica de precisión. Estufa eléctrica. Horno desecador. Campanas desecadoras. Vasos volumétricos. Punzón. Formatos de registro. Prensa Universal de Ensayos Mecánicos Tinius Olsen. Accesorios correspondientes a cada ensayo. Crónometro. Deflectómetros. Vernier, con aproximación de 0,005 cm. Otros materiales: cuñas, martillo, lápices, reglas, guantes, pinzas.
Para el procesamiento y análisis de datos	Computadora portátil. Impresora. Scanner. Calculadora Científica Hp 50G. Material Bibliográfico.

2.3. Diseño de la investigación

El presente trabajo fue de tipo descriptiva no experimental porque se fundamenta en el análisis e interpretación de datos obtenidos en el laboratorio de especies maderables.

2.3.1. Metodología

En la presente investigación se ha utilizado el método deductivo por cuanto al todo se lo ha separado en partes para conocer y analizar sus resultados.

En el presente trabajo se han considerado las siguientes etapas:

	1°	Revisión bibliográfica, recopilación de datos, de todo lo referente al tema de investigación; que en el presente trabajo fueron libros de la especialidad, trabajos anteriores afines realizados y páginas Web especializadas.
	2°	Obtención y habilitación de probetas de ensayo la cual contempla el análisis del bosque de extracción de muestras, así como la delimitación del espacio muestral y la determinación del número de muestras.
	3°	Experimentación, la cual consistió en la ejecución de todas las pruebas físicas y mecánicas consideradas en la presente tesis; las cuales nos arrojarán los datos necesarios para poder conocer el comportamiento del bambú <i>Guadua angustifolia</i> Kunth.
ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	4°	Tratamiento de datos, el cual se refiere a todos los procedimientos necesarios para depurar los datos arrojados en la etapa de experimentación.
	5°	Procesamiento de resultados, como su nombre lo indica consistió en procesar los resultados obtenidos en la etapa anterior.
	6°	Modelamiento de una estructura, mediante el software sap2000; donde se observará el comportamiento estructural de cada uno de los elementos de la estructura diseñada, para determinar los resultados finales que se obtiene en la investigación.
	7°	Análisis de resultados, como su nombre lo indica consistió en analizar los resultados obtenidos en la etapa anterior.
	8°	Conclusiones y recomendaciones, que es la etapa final de la investigación en la cual se definió con precisión los resultados (deviene de la etapa anterior), así mismo se dan ciertas recomendaciones relacionadas directamente con el tema investigado.

2.3.2. Normas del muestreo

La selección y colección de muestras se realizó considerando la norma NTP N° 251.008 (Norma Técnica Peruana – “Maderas: Selección y colección de muestras”), no se contó con normas o manuales específicos para bambú, con este fin se adaptó la información de esta norma para la selección y colección de muestras de bambú. En mención de esta norma y teniendo en cuenta las posibilidades, recursos y criterios de los investigadores, se llevó a cabo la elección del lugar y la selección de Bambúes aptos (cañas en estado maduro, ver *anexo 17*) para llevar a cabo esta investigación; en efecto, solamente se seleccionó cañas de edad entre cuatro y cinco años, siendo estas edades un rango intermedio para poder obtener mejores resultados.

2.3.3. Principio del método de muestreo

Conforme a la NTP N° 251.008 el procedimiento de selección y colección de muestras se basó en el sistema de selección al azar, de modo que cada una de las unidades componentes (zona, planta, troza), tenga la misma probabilidad de ser elegida, de acuerdo con el volumen existente en la zona.

2.3.4. Descripción del método

Dadas las condiciones anteriores, el muestreo al azar para la selección de probetas de especies de bambúes destinadas al estudio de sus propiedades físico – mecánicas, comprendió las siguientes etapas:

- Definición de la población.
- Selección de la zona y/o sub-zona, sector y bloque.
- Selección de las cañas.
- Selección de las trozas.
- Obtención de las probetas dentro de las trozas.

2.3.5. Procedimiento

2.3.5.1. Definición de la población

La población es exclusivamente la de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth).

2.3.5.2. Selección de la zona

Para la selección de la zona se empleó información obtenida del Proyecto Perú Bambú, para ello se tuvo que conocer con anterioridad el lugar con la ayuda y guía de una persona capacitada en el manejo forestal de la guadua, siendo este el caso se determinó el fundo del cual se extrajeron las muestras.

2.3.5.3. Selección de cañas

Una vez seleccionada la zona y el lugar en específico de donde se extrajeron las muestras, se procede a hacer el reconocimiento de las cañas de bambúes que están aptas para extraer las probetas (es decir cañas que están dentro de la edad adecuada), con el guía se hizo el recorrido y se observó a cada una de ellas, indicando y señalándolas para su posterior corte.

2.3.5.4. Selección de Trozas

Una vez cortadas y limpiadas se extrajo trozas de la cepa y la parte basal, ya que son estas las partes más adecuadas para el uso estructural.

2.3.5.5. Obtención de la probeta

De las trozas seleccionadas se elaboró y acondicionó las probetas para realizar los ensayos tanto físicos como mecánicos.

2.3.5.6. Elaboración y acondicionamiento de probetas

La elaboración y acondicionamiento de probetas es la parte final del proceso de muestreo y es un proceso muy importante dentro de esta investigación, por cuanto de esta operación dependió el obtener muestras adecuadas y representativas en concordancia con las normas e información compilada y así lograr resultados de mayor confiabilidad.

2.3.6. Selección del bosque

El bosque elegido para la extracción de muestras fue el bosque de bambú de la localidad El Muyo, en el fundo “El Huerto” propiedad del sr. Joel Martínez.

2.3.6.1. Delimitación del espacio muestral

El espacio muestral se limita a la Región Amazonas, la provincia de Bagua, distrito de Aramango, al bosque de *Guadua angustifolia* Kunth del centro poblado de El Muyo, específicamente en el fundo “El Huerto”

2.3.6.2. Determinación del número de muestras a ensayar

El número de muestras a ensayar, estuvo condicionado por:

- La naturaleza de la investigación.
- Los ensayos de laboratorio considerados para la presente investigación, y
- La disponibilidad de recursos.

Para el presente caso y de acuerdo al ítem 2.3.1 las muestras experimentadas estuvieron representadas por el número de probetas necesarias (teniendo un mínimo de 15) para la realización de los diferentes ensayos de laboratorio, teniendo en cuenta normas e investigaciones previas que se realizaron al respecto.

Los ensayos de laboratorio y el número de probetas necesarias recomendadas, se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 1: Número de probetas a utilizar en la investigación.

TIPO DE ENSAYO	Nº	MODALIDAD DE ENSAYO ESPECIE: <i>Guadua angustifolia</i> Kunth	TOTAL DE PRUEBAS x MODALIDAD
FÍSICOS	1	Contenido de Humedad	40
	2	Densidad	40
	3	Contracción	40
MECÁNICOS	4	Compresión Paralela a las Fibras	40
	5	Compresión Perpendicular a las Fibras	29
	6	Tracción Paralela a las Fibras	20
	7	Corte Paralelo a las Fibras	40
	8	Flexión Estática	21
TOTAL			270

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Ensayos (Físicos y Mecánicos)

2.4.1. Normas de Ensayo

En este ítem se hace referencia a la norma que se empleó para seguir la secuencia de los ensayos respectivos, y así obtener los resultados requeridos. Debido a que no se contó con una norma para la elaboración de ensayos tanto físicos como mecánicos, se optó por trabajar con la Norma Técnica Colombiana – NTC 5525 - Métodos de Ensayo para Determinar las Propiedades Físicas y Mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth, con la Norma Internacional ISO 22157 – 1 y la Norma Internacional ISO 22157 – 2.

2.4.2. Bases para el tratamiento de datos

En materia de investigación de “Propiedades Físico – Mecánicas del Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)” es nuevo en nuestra región e incluso en nuestro país, no se encuentra investigaciones a fines; si bien es cierto, contamos con una norma de diseño para la construcción con bambú (NTP – E. 100), esta no plantea lineamientos para determinar específicamente sus características Físico Mecánicas. Razón por la cual en nuestra investigación se planteó lineamientos recopilados de tesis realizadas en otros países y los recomendados por nuestros asesores.

Los lineamientos que se establecieron hacen incidencia en las gráficas de comportamiento “Esfuerzo - Deformación Unitaria” de los ensayos de carácter mecánico, los cuales son los siguientes:

- 1) A un esfuerzo inicial nulo le corresponde una deformación unitaria inicial nula de la respectiva probeta de ensayo.
- 2) Siendo el bambú un material elastoplástico, se ha determinado geoméricamente que las curvas “Esfuerzo - Deformación Unitaria”, presentan los dos tramos característicos de este tipo de materiales: El tramo Elástico y el tramo Plástico.
- 3) El tramo elástico, es el primer tramo cuyo comportamiento se ajusta con una línea de tendencia de grado 1 (función lineal) que parte desde cero (0,0) y asciende hasta el punto de “Esfuerzo en el Límite proporcional Elástico”.
- 4) El tramo plástico, es el segundo tramo cuyo comportamiento se ajusta a una línea de tendencia de grado 2 o 3 (función cuadrática y cúbica respectivamente) según se presente, que parte desde el punto de “Esfuerzo en el Límite proporcional Elástico”

hasta el punto de “Esfuerzo de Rotura o Colapso” (ver: *figura 1*).

- 5) La exactitud geométrica de las probetas, la destreza del operador y la calibración de las máquinas; son directamente proporcional a la calidad de los resultados en cada ensayo, a continuación se muestra el comportamiento típico mediante una gráfica para cada ensayo realizado.

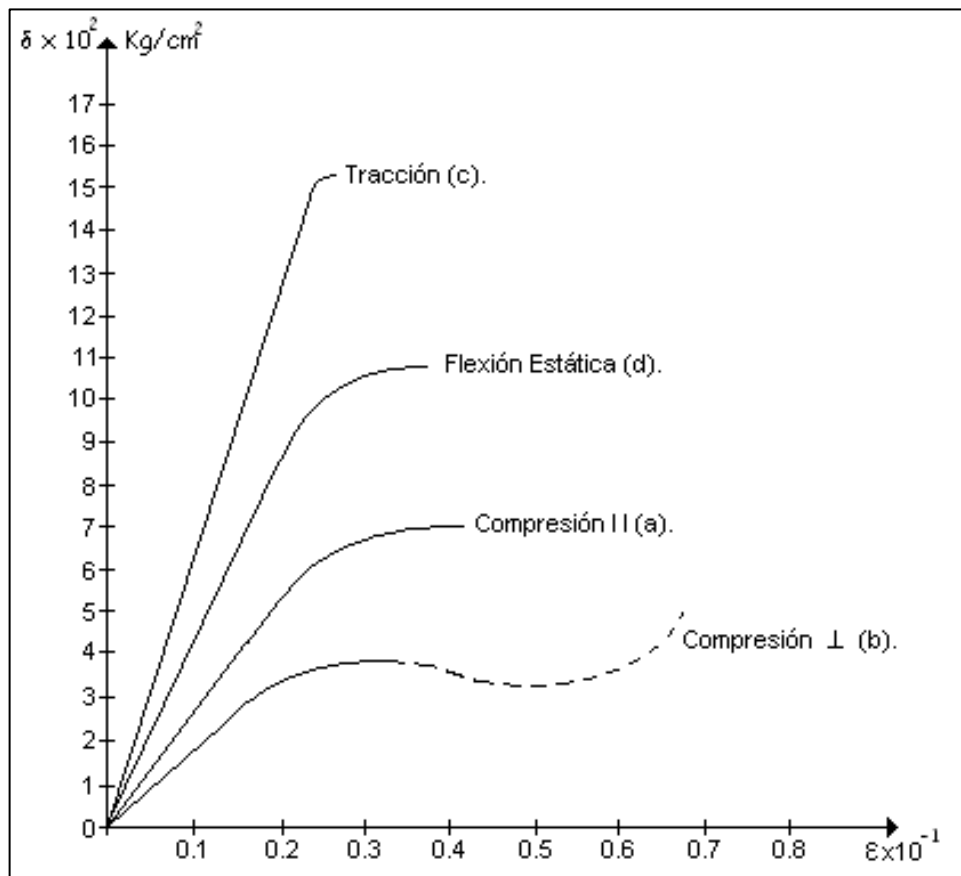
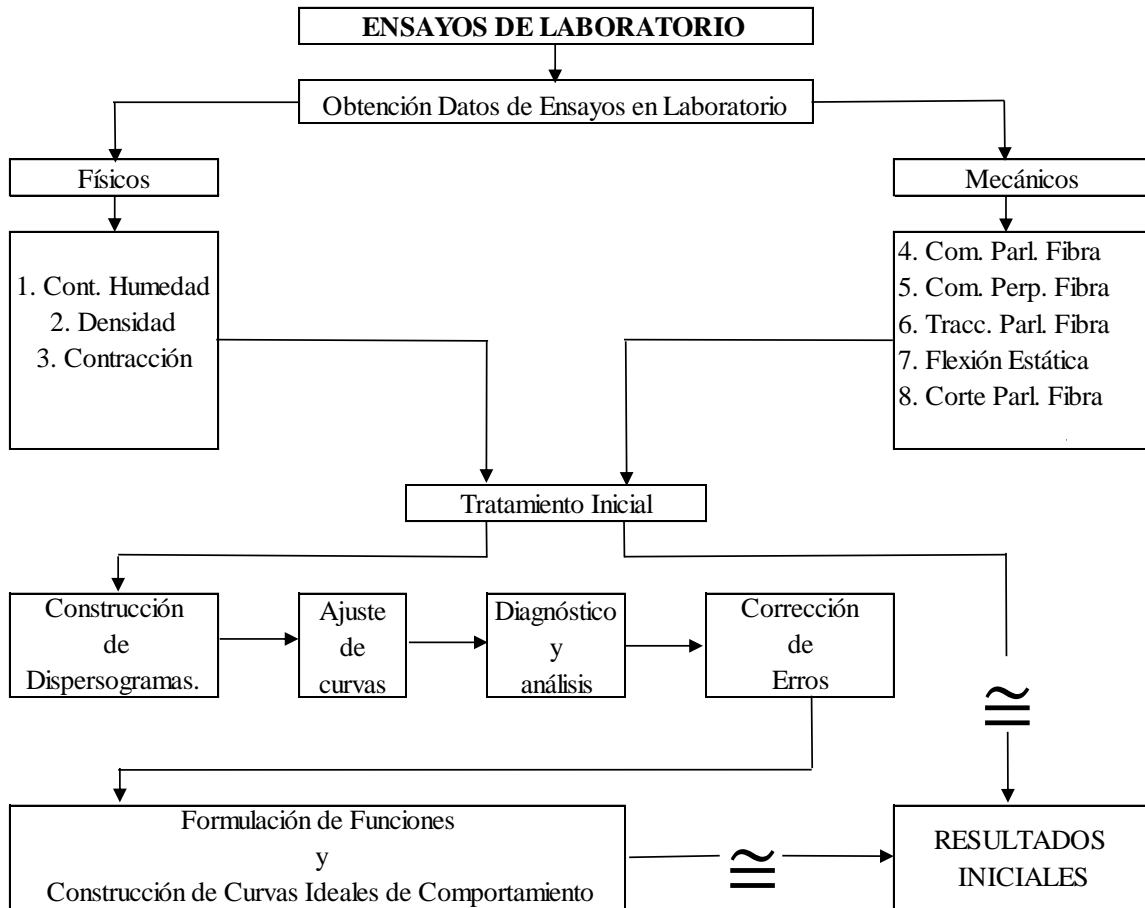


Figura 1. Curvas Típicas de Comportamiento Esfuerzo-Deformación Unitaria para maderas.

Fuente: (Bazán, 2010).

2.4.3. Procesos realizados en el tratamiento de datos

El flujograma N° 1, describe de manera explícita y clara todos los procesos realizados para el tratamiento de los datos en cada uno de los ensayos correspondientes.



Flujograma N° 1: Procesos realizados en el tratamiento de datos.

Fuente:(Bazán, 2010).

Luego de realizar los ensayos en laboratorio y de obtener los datos arrojados por éstos, se procedió de la siguiente manera:

2.4.3.1. Tratamiento inicial de datos

Consistió en reemplazar los datos obtenidos de los ensayos en las fórmulas respectivas, arrojando resultados, los cuales de acuerdo a la naturaleza del ensayo fueron aceptados como “Resultados Iniciales” o fueron sometidos a otros tratamientos para aceptarlos como tales. Este procedimiento se realizó con la ayuda de un procesador.

2.4.3.2. Construcción de dispersogramas

En algunos ensayos de acuerdo a su naturaleza y como la metodología lo exige se construyeron dispersogramas (“Esfuerzo - Deformación Unitaria”), esta operación como su nombre lo indica consistió en la construcción de dichos dispersogramas para su posterior “ajuste”.

2.4.3.3. Ajuste de curvas

La unión consecutiva de los puntos correlativos que conforman el dispersograma “Esfuerzo – Deformación Unitaria”, forman la curva de comportamiento mecánico de la guadua ante fuerzas externas para cada ensayo; a esta curva resultante se le tuvo que “ajustar” en sus diferentes tramos, mediante tratamientos estadísticos, a fin de lograr las configuraciones establecidas por los esquemas que las bibliografías sugieren para los comportamientos de cada ensayo; con el objetivo de predecir matemáticamente el comportamiento ante las diferentes sollicitaciones externas a las que puede ser expuesta el material (*Guadua angustifolia* Kunth)

En consecuencia, el ajuste de curvas consistió en la selección del modelo matemático que mejor se adapte a los datos del experimento. En nuestro caso hemos buscado que el coeficiente de correlación de cada modelo, se ajuste lo máximo posible a la unidad. Esta operación se realizó con la ayuda de un procesador.

2.4.3.4. Diagnóstico y análisis de curvas resultantes

Posteriormente de haber realizado el “Ajuste De Curvas”, se procedió a efectuar un análisis de los modelamientos obtenidos para cada experimento:

A) Diagnóstico. Luego de ajustar las curvas Esfuerzo – Deformación Unitaria a los modelamientos matemáticos resultantes; se definió lo siguiente:

- Los modelamientos matemáticos que mejor se adaptaron a los diferentes experimentos fueron congruentes a los establecidos por la bibliografía existente.
- Para el caso de las curvas pertenecientes a los ensayos de Compresión Paralela a la Fibra y Flexión Estática; el tramo elástico se ajustó a una función lineal y el tramo plástico se ajustó a la función cuadrática.

- Para el caso de las curvas pertenecientes al ensayo de Compresión Perpendicular a la Fibra; el tramo elástico se ajustó a la función lineal y el tramo plástico se ajustó a la función cúbica.
- En consecuencia de lo anterior la forma de las funciones que dominan el comportamiento de las curvas de los diferentes ensayos son:

Función Lineal: $Y = aX + b$; $a, b \in \mathbb{R}$; $a \neq 0$

Función Cuadrática: $Y = cX^2 + dX + e$; $c, d, e \in \mathbb{R}$; $c \neq 0$

Función Cúbica: $Y = fX^3 + gX^2 + hX + i$; $f, g, h, i \in \mathbb{R}$; $f \neq 0$

- En las gráficas ajustadas se observa que la proyección de la línea de tendencia correspondiente al tramo elástico no intercepta al sistema de coordenadas “Esfuerzo (Y) – Deformación Unitaria (X)” en el punto (0,0).
- Teniendo en cuenta el punto anterior es por el cual se llevó a cabo el ajuste de gráficas.

B) Análisis. Se partió de la premisa que el comportamiento esfuerzo-deformación unitaria debe de partir del punto (0,0) ya que para un esfuerzo nulo, le corresponde una deformación nula, lo cual no se refleja en las gráficas anteriores, ya que se observó que al proyectar la línea correspondiente a la función lineal (tramo elástico) intercepta al eje “X” (deformación unitaria) en algún punto diferente de cero (0) y este efecto es explicable ya que al iniciar la pruebas existen ciertos factores que producen estos desfases y pueden ser:

- La calibración del defleómetro (no esté exactamente en cero).
- Las probetas no estén perfectamente paralelas, lo cual arrojaría deformaciones anómalas hasta que la máquina la “acomode” e indique los verdaderos valores.
- Que la máquina universal las produzca debido a las compresiones del aceite del sistema hidráulico.
- Producto de un error humano, ya que es muy difícil que el operador de la máquina universal o el lector de las deformaciones logren una precisión absoluta en sus operaciones u apreciaciones.
- Que los produzca el redondeo de los resultados de los cálculos relativos al

“Tratamiento Inicial de Datos”.

Dada esta explicación de lo que pudo haber sucedido o provocado este desfase, afirmamos que el comportamiento Esfuerzo - Deformación Unitaria es como se expresa en las “Curvas Ajustadas”, a las cuales se las tuvo que “desplazar horizontalmente” hasta hacerlas coincidir con el origen valiéndonos de criterios matemáticos relativos a funciones.

Además de los análisis previos se visualizó que el punto del límite de proporcionalidad elástica, es el correspondiente a la intersección de la función lineal con la función cuadrática o cúbica según corresponda; y el punto de esfuerzo máximo es el correspondiente al vértice de la función cuadrática.

2.4.3.5. Corrección de errores

Como hemos deducido líneas arriba, los modelamientos matemáticos de los datos de los experimentos realizados son los correctos; en consecuencia, solamente bastaría con desplazar dichas curvas horizontalmente a través del eje de las “X” (deformación unitaria) hasta hacerlas coincidir con el origen del sistema cartesiano Esfuerzo – Deformación Unitaria, para aceptar dicho comportamiento como verdadero.

2.4.3.6. Determinación de la distancia a desplazar

La distancia “k” que se debe desplazar horizontalmente a los modelamientos matemáticos de comportamiento Esfuerzo–Deformación Unitaria; es la correspondiente a la posición de “X” cuando “Y=0” en la función lineal.

Entonces reemplazando y despejando tenemos:

Sea: $Y = f(X) = Ax + b$; $(a, b) \in \mathbb{R} \wedge a \neq 0$

Si: $Y = 0 \rightarrow 0 = aX + b$

$$aX = -b$$

$$X = -\frac{b}{a} \Rightarrow K = -\frac{b}{a}$$

Para nuestro caso, “b” en todas las funciones lineales existentes es siempre negativo y “a” siempre positivo; entonces la expresión “ $K = -b/a$ ” quedaría definida por “ $k = -(-b)/a$ ” y

siempre sería positiva y si K es mayor que cero ($k > 0$), la función se movería a la derecha; pero nuestro objetivo es que la gráfica se mueva hacia la izquierda; en consecuencia el valor de “ k ” quedaría definida por:

$$K = -\frac{b}{a}; K < 0$$

2.4.3.7. Construcción de la función lineal desplazada

Anteriormente se ha determinado la distancia “ K ” que se tiene que desplazar horizontalmente al tramo elástico (función lineal) para hacerla coincidir con el punto (0,0) del eje del sistema cartesiano Esfuerzo-Deformación Unitaria sin alterar su comportamiento, por lo tanto:

$$\text{Si: } Y = f(X) \wedge F(X) = f(X-K)$$

$$\text{Si: } Y = Ax + B, Y = f(X) = Ax + b$$

$$F(X) = f(X-K) = a(X-K) + b = aX - aK + b$$

$$F(X-K) = aX - aK + b \text{ ----- 3}$$

Reemplazando (2) en (3), tenemos:

$$\text{Si: } f(X-K) = aX - aK + B$$

$$f(X - K) = Ax - a\frac{b}{a} + b$$

$$f(X-K) = Ax - b + b$$

$$Y = Ax$$

La función lineal desplazada horizontalmente, corresponde al tramo elástico. Quedaría definida por:

$Y = aX$

Fórmula 13: Función lineal desplazada horizontalmente.

Donde:

Y : Función lineal que domina el tramo elástico (Valor del Esfuerzo para la deformación unitaria “ X ”).

a: Coeficiente de la variable del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo elástico.

X: Variable del modelamiento matemático (Deformación Unitaria).

2.4.3.8. Construcción de la función cuadrática desplazada

El criterio adoptado para desplazar horizontalmente la función cuadrática correspondiente al tramo plástico de la curva Esfuerzo-Deformación Unitaria es el siguiente: “Si al tramo elástico (función lineal) de la curva esfuerzo-deformación unitaria se lo desplaza “K” unidades horizontalmente; entonces el tramo plástico (función cuadrática) también tiene que ser desplazado las mismas “K” unidades horizontalmente para que la gráfica esfuerzo deformación unitaria no se desconfigure”, por lo tanto:

$$\text{Si: } f(X) = Y = cX^2 + dX + e$$

Desplazando la función en “K” unidades tenemos:

$$\text{Si: } f(X) = cX^2 + dX + e$$

$$f(X-K) = c(X-K)^2 + d(X-K) + e.$$

Reemplazando el valor de “K” en 5 tenemos:

$$f(X-K) = c\left(X - \frac{b}{a}\right)^2 + d\left(X - \frac{b}{a}\right) + e$$

$$f(X-K) = dX^2 + \left(\frac{ae-2bd}{a}\right)X + \left(\frac{a^2c-abe+b^2d}{a^2}\right)$$

La función cuadrática desplazada horizontalmente, correspondiente al tramo plástico, quedaría definida por:

$$Y = dX^2 + \left(\frac{ae-2bd}{a}\right)X + \left(\frac{a^2c-abe+b^2d}{a^2}\right)$$

Fórmula 14: Función cuadrática desplazada horizontalmente.

Donde:

Y: Función Cuadrática que domina el tramo plástico (Valor del Esfuerzo para una deformación unitaria “X”).

a: Coeficiente de la variable del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo elástico.

b: Coeficiente independiente del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada”

en su tramo elástico.

c: Coeficiente de la variable de segundo grado del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo plástico.

d: Coeficiente de la variable de primer grado del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo plástico.

e: Coeficiente independiente del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo plástico.

X^2 : Variable de segundo grado del modelamiento matemático (Deformación Unitaria elevada al cuadrado, del correspondiente Esfuerzo).

X : Variable de primer grado del modelamiento matemático (Deformación Unitaria, del correspondiente Esfuerzo).

2.4.3.9. Construcción de la función cubica desplazada

El criterio adoptado para desplazar horizontalmente la función cúbica al tramo plástico de la curva Esfuerzo-Deformación Unitaria correspondiente al ensayo de Compresión Perpendicular a la Fibra, es el mismo que el adoptado para Función Cuadrática, por lo tanto:

$$\text{Si: } f(X) = Y = fX^3 + gX^2 + hX + i$$

Desplazando la función en “K” unidades tenemos:

$$\text{Si: } f(X) = Y = fX^3 + gX^2 + hX + i$$

$$f(X-K) = f(X-K)^3 + g(X-K)^2 + h(X-K) + i.$$

Reemplazando el valor de “K” en 6 tenemos:

$$f(X-K) = f\left(X - \frac{b}{a}\right)^3 + g\left(X - \frac{b}{a}\right)^2 + h\left(X - \frac{b}{a}\right) + i.$$

$$f(X-K) = \left(fX^3 - \frac{3bfX^2}{a} + \frac{3bfX}{a^2} + \frac{b^3f}{a^3}\right) + \left(gX^2 - \frac{2bgX}{a} + \frac{b^2g}{a^2}\right) + hX - \frac{bh}{a} + i$$

$$f(X-K) = (fX^3) + \left(-\frac{3bf}{a}X^2 + gX^2\right) + \left(\frac{3bf}{a^2}X - \frac{2bg}{a}X + hX\right) + \left(\frac{-b^3f}{a^3} + \frac{b^2g}{a^2} - \frac{bh}{a} + i\right)$$

$$f(X-K) = fX^3 + \left(g - \frac{3bf}{a}\right)X^2 + \left(\frac{3b^2f}{a^2} - \frac{2bg}{a} + h\right)X + \left(\frac{b^2g}{a^2} - \frac{b^3f}{a^3} - \frac{bh}{a} + i\right)$$

$$Y = f(X-K) = fX^3 + \left(g - \frac{3bf}{a}\right)X^2 + \left(\frac{3b^2f}{a^2} - \frac{2bg}{a} + h\right)X + \left(\frac{b^2g}{a^2} - \frac{b^3f}{a^3} - \frac{bh}{a} + i\right)$$

La función cúbica desplazada horizontalmente, correspondiente al tramo plástico, quedaría

definida por:

$$Y=fX^3 + \left(g - \frac{3bf}{a}\right)X^2 + \left(\frac{3b^2f}{a^2} - \frac{2bg}{a} + h\right)X + \left(\frac{b^2g}{a^2} - \frac{b^3f}{a^3} - \frac{bh}{a} + i\right)$$

Fórmula 15: Función cuadrática desplazada horizontalmente.

Donde:

Y: Función Cúbica que domina el tramo plástico (Valor del Esfuerzo para una deformación unitaria “X”).

a: Coeficiente de la variable del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo elástico.

b: Coeficiente independiente del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo elástico.

f: Coeficiente de la variable de tercer grado del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo plástico.

g: Coeficiente de la variable de segundo grado del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo plástico.

h: Coeficiente de la variable de primer grado del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo plástico.

i: Coeficiente independiente del modelamiento matemático inicial de la “curva ajustada” en su tramo plástico.

X³: Variable de tercer grado del modelamiento matemático (Deformación Unitaria elevada al cubo, del correspondiente Esfuerzo).

X²: Variable de segundo grado del modelamiento matemático (Deformación Unitaria elevada al cuadrado, del correspondiente Esfuerzo).

X: Variable de primer grado del modelamiento matemático (Deformación Unitaria, del correspondiente Esfuerzo).

2.4.3.10. Formulación de funciones y construcción de curvas ideales de comportamiento

Una vez corregidos los errores y valiéndonos de las fórmulas 13, 14 y 15 deducidas en el numeral anterior, diseñamos dos (02) programas para la calculadora científica “HP 50G”

con el objetivo de determinar de manera rápida y precisa las funciones que dominen los correspondientes comportamientos “ideales” en los diferentes tramos de las curvas Esfuerzo-Deformación Unitaria de los ensayos mecánicos realizados para nuestra investigación (ver Anexos).

Estos programas, aparte de deducir dichas funciones también tienen la propiedad de determinar el punto exacto de intersección entre la función relativa al tramo elástico y la función relativa al tramo plástico (Límite de proporcionalidad elástica); y para el caso de la función cuadrática del tramo plástico, el programa respectivo tiene la propiedad de calcular el vértice de la parábola (Punto de Rotura relativo al Esfuerzo de Rotura).

Con la ayuda de estos programas se calculó de manera rápida y precisa las funciones ideales de comportamiento para los diferentes tramos de los diversos ensayos así como el “Límite de proporcionalidad elástica” y el “Punto de Rotura” respectivos; luego de lo cual se procedió a realizar la tabulación respectiva y por ende la construcción de las “Curvas Ideales De Comportamiento” para los diferentes ensayos, lo que para nuestro criterio constituyen los “Resultados Iniciales” de los ensayos mecánicos especificados anteriormente.

2.5. Ensayos Realizados

Basados en las Normas Técnicas Peruanas de la Madera como referencia y la Norma Técnica Colombiana 5525 todos los ensayos se realizaron en condiciones de humedad superior al 30% (estado verde), teniendo como objetivo obtener los datos del bambú en sus condiciones más desfavorables. Para efectos de esta Tesis de Investigación se realizaron los siguientes ensayos:

2.5.1. Ensayos de las propiedades físicas

2.5.1.1. Contenido de humedad

Se realizó de acuerdo a la NTC 5525. El método mencionado consistió en el secado en estufa. Una vez pesadas las probetas con una exactitud de 0.01 g se secaron en la estufa, aplicando una temperatura constante de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, pasadas las 24 horas como lo indica la norma se controló y se anotó los pesos de las probetas hasta obtener su estado anhidro o seco al horno, para un posterior tratamiento.

Los resultados obtenidos son como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2: Datos obtenidos de laboratorio probetas 1 al 15 – Contenido de Humedad (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA				DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES			
LA MOLINA.				LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA			
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD							
NOMBRE COMÚN:		Bambú		N° DE XILOTECA:			
NOMBRE CIENTÍFICO:		<i>Guadua angustifolia</i> Kunth.		N° DE ÁRBOL:			
FAMILIA:		Poaceae		PROCEDENCIA:		ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS	
NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 010				PROYECTO:		TESIS	
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525				EJECUTOR:		JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA	
				FECHA:		13/04/2018	

MUESTRA N°	CH-1		CH-2		CH-3		CH-4		CH-5	
CONTROL N°	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA
01	18.43	13/04/2018 01:55 p.m.	15.16	13/04/2018 01:55 p.m.	28.09	13/04/2018 01:55 p.m.	15.34	13/04/2018 01:55 p.m.	13.56	13/04/2018 01:55 p.m.
02	8.89	14/04/2018 09:10 a.m.	7.61	14/04/2018 09:10 a.m.	13.91	14/04/2018 09:10 a.m.	7.39	14/04/2018 09:10 a.m.	6.78	14/04/2018 09:10 a.m.
03	8.88	15/04/2018 02:00 p.m.	7.60	15/04/2018 02:00 p.m.	13.86	15/04/2018 02:00 p.m.	7.36	15/04/2018 02:00 p.m.	6.75	15/04/2018 02:00 p.m.
04	8.86	16/04/2018 08:33 a.m.	7.58	16/04/2018 08:33 a.m.	13.80	16/04/2018 08:33 a.m.	7.36	16/04/2018 08:33 a.m.	6.74	16/04/2018 08:33 a.m.
05	8.85	17/04/2018 09:23 a.m.	7.59	17/04/2018 09:23 a.m.	13.79	17/04/2018 09:23 a.m.	7.32	17/04/2018 09:23 a.m.	6.74	17/04/2018 09:23 a.m.
06	8.84	18/04/2018 11:41 a.m.	7.59	18/04/2018 11:41 a.m.	13.78	18/04/2018 11:41 a.m.	7.32	18/04/2018 11:41 a.m.	6.74	18/04/2018 11:41 a.m.
M (%)	108.48%		99.74%		103.85%		109.56%		101.19%	

MUESTRA N°	CH-6		CH-7		CH-8		CH-9		CH-10	
CONTROL N°	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA
01	27.41	13/04/2018 01:55 p.m.	18.61	13/04/2018 01:55 p.m.	14.80	13/04/2018 01:55 p.m.	12.80	13/04/2018 01:55 p.m.	19.34	13/04/2018 01:55 p.m.
02	12.27	14/04/2018 09:10 a.m.	8.71	14/04/2018 09:10 a.m.	7.43	14/04/2018 09:10 a.m.	6.44	14/04/2018 09:10 a.m.	9.55	14/04/2018 09:10 a.m.
03	12.27	15/04/2018 02:00 p.m.	8.69	15/04/2018 02:00 p.m.	7.42	15/04/2018 02:00 p.m.	6.43	15/04/2018 02:00 p.m.	9.54	15/04/2018 02:00 p.m.
04	12.20	16/04/2018 08:33 a.m.	8.67	16/04/2018 08:33 a.m.	7.40	16/04/2018 08:33 a.m.	6.43	16/04/2018 08:33 a.m.	9.52	16/04/2018 08:33 a.m.
05	12.21	17/04/2018 09:23 a.m.	8.67	17/04/2018 09:23 a.m.	7.41	17/04/2018 09:23 a.m.	6.42	17/04/2018 09:23 a.m.	9.51	17/04/2018 09:23 a.m.
06	12.21	18/04/2018 11:41 a.m.	8.67	18/04/2018 11:41 a.m.	7.41	18/04/2018 11:41 a.m.	6.43	18/04/2018 11:41 a.m.	9.51	18/04/2018 11:41 a.m.
M (%)	124.49%		114.65%		99.73%		99.07%		103.36%	

MUESTRA N°	CH-11		CH-12		CH-13		CH-14		CH-15	
CONTROL N°	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA
01	13.74	13/04/2018 01:55 p.m.	15.63	13/04/2018 01:55 p.m.	15.79	13/04/2018 01:55 p.m.	14.15	13/04/2018 01:55 p.m.	13.16	13/04/2018 01:55 p.m.
02	7.40	14/04/2018 09:10 a.m.	7.48	14/04/2018 09:10 a.m.	7.99	14/04/2018 09:10 a.m.	6.88	14/04/2018 09:10 a.m.	6.47	14/04/2018 09:10 a.m.
03	7.41	15/04/2018 02:00 p.m.	7.47	15/04/2018 02:00 p.m.	7.97	15/04/2018 02:00 p.m.	6.86	15/04/2018 02:00 p.m.	6.46	15/04/2018 02:00 p.m.
04	7.40	16/04/2018 08:33 a.m.	7.44	16/04/2018 08:33 a.m.	7.97	16/04/2018 08:33 a.m.	6.86	16/04/2018 08:33 a.m.	6.44	16/04/2018 08:33 a.m.
05	7.40	17/04/2018 09:23 a.m.	7.45	17/04/2018 09:23 a.m.	7.96	17/04/2018 09:23 a.m.	6.85	17/04/2018 09:23 a.m.	6.44	17/04/2018 09:23 a.m.
06	7.40	18/04/2018 11:41 a.m.	7.44	18/04/2018 11:41 a.m.	7.96	18/04/2018 11:41 a.m.	6.85	18/04/2018 11:41 a.m.	6.44	18/04/2018 11:41 a.m.
M (%)	85.68%		110.08%		98.37%		106.57%		104.35%	

Tabla 3: Datos obtenidos de laboratorio probetas 16 al 30 – Contenido de Humedad (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA		DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA								
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD										
NOMBRE COMÚN:		Bambú			N° DE XILOTECA:					
NOMBRE CIENTÍFICO:		<i>Guadua angustifolia</i> Kunth.			N° DE ÁRBOL:					
FAMILIA:		Poaceae			PROCEDENCIA:		ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS			
NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 010				PROYECTO:		TESIS				
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525				EJECUTOR:		JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA				
				FECHA:		13/04/2018				
MUESTRA N°										
CH-16 CH-17 CH-18 CH-19 CH-20										
CONTROL N°	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA
01	13.75	13/04/2018 01:55 p.m.	14.92	13/04/2018 01:55 p.m.	20.18	13/04/2018 01:55 p.m.	15.08	13/04/2018 01:55 p.m.	14.85	13/04/2018 01:55 p.m.
02	6.98	14/04/2018 09:10 a.m.	7.55	14/04/2018 09:10 a.m.	9.78	14/04/2018 09:10 a.m.	7.46	14/04/2018 09:10 a.m.	7.25	14/04/2018 09:10 a.m.
03	6.97	15/04/2018 02:00 p.m.	7.51	15/04/2018 02:00 p.m.	9.75	15/04/2018 02:00 p.m.	7.45	15/04/2018 02:00 p.m.	7.23	15/04/2018 02:00 p.m.
04	6.96	16/04/2018 08:33 a.m.	7.49	16/04/2018 08:33 a.m.	9.72	16/04/2018 08:33 a.m.	7.44	16/04/2018 08:33 a.m.	7.23	16/04/2018 08:33 a.m.
05	6.96	17/04/2018 09:23 a.m.	7.50	17/04/2018 09:23 a.m.	9.73	17/04/2018 09:23 a.m.	7.45	17/04/2018 09:23 a.m.	7.23	17/04/2018 09:23 a.m.
06	6.96	18/04/2018 11:41 a.m.	7.49	18/04/2018 11:41 a.m.	9.72	18/04/2018 11:41 a.m.	7.44	18/04/2018 11:41 a.m.	7.22	18/04/2018 11:41 a.m.
M (%)	97.56%		99.20%		107.61%		102.69%		105.68%	
MUESTRA N°										
CH-21 CH-22 CH-23 CH-24 CH-25										
CONTROL N°	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA
01	21.19	13/04/2018 01:55 p.m.	17.87	13/04/2018 01:55 p.m.	20.51	13/04/2018 01:55 p.m.	21.95	13/04/2018 01:55 p.m.	13.93	13/04/2018 01:55 p.m.
02	9.89	14/04/2018 09:10 a.m.	8.47	14/04/2018 09:10 a.m.	10.13	14/04/2018 09:10 a.m.	10.61	14/04/2018 09:10 a.m.	6.96	14/04/2018 09:10 a.m.
03	9.86	15/04/2018 02:00 p.m.	8.45	15/04/2018 02:00 p.m.	10.10	15/04/2018 02:00 p.m.	10.59	15/04/2018 02:00 p.m.	6.95	15/04/2018 02:00 p.m.
04	9.83	16/04/2018 08:33 a.m.	8.42	16/04/2018 08:33 a.m.	10.05	16/04/2018 08:33 a.m.	10.55	16/04/2018 08:33 a.m.	6.94	16/04/2018 08:33 a.m.
05	9.82	17/04/2018 09:23 a.m.	8.42	17/04/2018 09:23 a.m.	10.06	17/04/2018 09:23 a.m.	10.54	17/04/2018 09:23 a.m.	6.94	17/04/2018 09:23 a.m.
06	9.82	18/04/2018 11:41 a.m.	8.42	18/04/2018 11:41 a.m.	10.06	18/04/2018 11:41 a.m.	10.53	18/04/2018 11:41 a.m.	6.94	18/04/2018 11:41 a.m.
M (%)	115.78%		112.23%		103.88%		108.45%		100.72%	
MUESTRA N°										
CH-26 CH-27 CH-28 CH-29 CH-30										
CONTROL N°	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA
01	14.39	13/04/2018 01:55 p.m.	16.89	13/04/2018 01:55 p.m.	12.66	13/04/2018 01:55 p.m.	12.15	13/04/2018 01:55 p.m.	16.21	13/04/2018 01:55 p.m.
02	7.66	14/04/2018 09:10 a.m.	8.82	14/04/2018 09:10 a.m.	6.35	14/04/2018 09:10 a.m.	6.18	14/04/2018 09:10 a.m.	7.63	14/04/2018 09:10 a.m.
03	7.65	15/04/2018 02:00 p.m.	8.80	15/04/2018 02:00 p.m.	6.34	15/04/2018 02:00 p.m.	6.18	15/04/2018 02:00 p.m.	7.62	15/04/2018 02:00 p.m.
04	7.64	16/04/2018 08:33 a.m.	8.78	16/04/2018 08:33 a.m.	6.34	16/04/2018 08:33 a.m.	6.17	16/04/2018 08:33 a.m.	7.60	16/04/2018 08:33 a.m.
05	7.63	17/04/2018 09:23 a.m.	8.79	17/04/2018 09:23 a.m.	6.34	17/04/2018 09:23 a.m.	6.16	17/04/2018 09:23 a.m.	7.59	17/04/2018 09:23 a.m.
06	7.63	18/04/2018 11:41 a.m.	8.79	18/04/2018 11:41 a.m.	6.34	18/04/2018 11:41 a.m.	6.16	18/04/2018 11:41 a.m.	7.59	18/04/2018 11:41 a.m.
M (%)	88.60%		92.15%		99.68%		97.24%		113.57%	

Tabla 4: Datos obtenidos de laboratorio probetas 31 al 40 – Contenido de Humedad (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA				DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA						
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD										
NOMBRE COMÚN:		Bambú		N° DE XILOTECA:						
NOMBRE CIENTÍFICO:		<i>Guadua angustifolia</i> Kunth.		N° DE ÁRBOL:						
FAMILIA:		Poaceae		PROCEDENCIA:		ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS				
NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 010				PROYECTO:		TESIS				
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525				EJECUTOR:		JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA				
				FECHA:		13/04/2018				
MUESTRA N°	CH-31		CH-32		CH-33		CH-34		CH-35	
CONTROL N°	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA
01	17.90	13/04/2018 01:55 p.m.	14.57	13/04/2018 01:55 p.m.	13.54	13/04/2018 01:55 p.m.	14.08	13/04/2018 01:55 p.m.	14.61	13/04/2018 01:55 p.m.
02	8.40	14/04/2018 09:10 a.m.	7.13	14/04/2018 09:10 a.m.	6.76	14/04/2018 09:10 a.m.	6.97	14/04/2018 09:10 a.m.	7.33	14/04/2018 09:10 a.m.
03	8.38	15/04/2018 02:00 p.m.	7.11	15/04/2018 02:00 p.m.	6.74	15/04/2018 02:00 p.m.	9.97	15/04/2018 02:00 p.m.	7.32	15/04/2018 02:00 p.m.
04	8.36	16/04/2018 08:33 a.m.	7.11	16/04/2018 08:33 a.m.	6.72	16/04/2018 08:33 a.m.	6.96	16/04/2018 08:33 a.m.	7.29	16/04/2018 08:33 a.m.
05	8.35	17/04/2018 09:23 a.m.	7.09	17/04/2018 09:23 a.m.	6.71	17/04/2018 09:23 a.m.	6.95	17/04/2018 09:23 a.m.	7.29	17/04/2018 09:23 a.m.
06	8.35	18/04/2018 11:41 a.m.	7.09	18/04/2018 11:41 a.m.	6.71	18/04/2018 11:41 a.m.	6.94	18/04/2018 11:41 a.m.	7.29	18/04/2018 11:41 a.m.
M (%)	114.37%		105.50%		101.79%		102.88%		100.41%	
MUESTRA N°	CH-36		CH-37		CH-38		CH-39		CH-40	
CONTROL N°	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA	PESO (g)	FECHA Y HORA
01	13.65	13/04/2018 01:55 p.m.	17.75	13/04/2018 01:55 p.m.	16.60	13/04/2018 01:55 p.m.	12.73	13/04/2018 01:55 p.m.	14.85	13/04/2018 01:55 p.m.
02	6.59	14/04/2018 09:10 a.m.	8.84	14/04/2018 09:10 a.m.	8.00	14/04/2018 09:10 a.m.	6.39	14/04/2018 09:10 a.m.	6.98	14/04/2018 09:10 a.m.
03	6.58	15/04/2018 02:00 p.m.	8.82	15/04/2018 02:00 p.m.	7.99	15/04/2018 02:00 p.m.	6.37	15/04/2018 02:00 p.m.	6.97	15/04/2018 02:00 p.m.
04	6.57	16/04/2018 08:33 a.m.	8.79	16/04/2018 08:33 a.m.	7.98	16/04/2018 08:33 a.m.	6.36	16/04/2018 08:33 a.m.	6.94	16/04/2018 08:33 a.m.
05	6.55	17/04/2018 09:23 a.m.	8.77	17/04/2018 09:23 a.m.	7.97	17/04/2018 09:23 a.m.	6.35	17/04/2018 09:23 a.m.	6.94	17/04/2018 09:23 a.m.
06	6.55	18/04/2018 11:41 a.m.	8.76	18/04/2018 11:41 a.m.	7.96	18/04/2018 11:41 a.m.	6.35	18/04/2018 11:41 a.m.	6.94	18/04/2018 11:41 a.m.
M (%)	108.40%		102.63%		108.54%		100.47%		113.98%	

Tabla 5: Datos procesados – Contenido de Humedad (*Guadua angustifolia* Kunth).

Nº	CÓDIGO DE PROBETAS	FECHA	PESO VERDE (g)	FECHA	PESO ANHIDRO (g)	CONT. HUMEDAD (CH %)
1	CH - 1	13/04/2018	18.43	18/04/2018	8.84	108.48
2	CH - 2	13/04/2018	15.16	18/04/2018	7.59	99.74
3	CH - 3	13/04/2018	28.09	18/04/2018	13.78	103.85
4	CH - 4	13/04/2018	15.34	18/04/2018	7.32	109.56
5	CH - 5	13/04/2018	13.56	18/04/2018	6.74	101.19
6	CH - 6	13/04/2018	27.41	18/04/2018	12.21	124.49
7	CH - 7	13/04/2018	18.61	18/04/2018	8.67	114.65
8	CH - 8	13/04/2018	14.8	18/04/2018	7.41	99.73
9	CH - 9	13/04/2018	12.8	18/04/2018	6.43	99.07
10	CH - 10	13/04/2018	19.34	18/04/2018	9.51	103.36
11	CH - 11	13/04/2018	13.74	18/04/2018	7.4	85.68
12	CH - 12	13/04/2018	15.63	18/04/2018	7.44	110.08
13	CH - 13	13/04/2018	15.79	18/04/2018	7.96	98.37
14	CH - 14	13/04/2018	14.15	18/04/2018	6.85	106.57
15	CH - 15	13/04/2018	13.16	18/04/2018	6.44	104.35
16	CH - 16	13/04/2018	13.75	18/04/2018	6.96	97.56
17	CH - 17	13/04/2018	14.92	18/04/2018	7.49	99.20
18	CH - 18	13/04/2018	20.18	18/04/2018	9.72	107.61
19	CH - 19	13/04/2018	15.08	18/04/2018	7.44	102.69
20	CH - 20	13/04/2018	14.85	18/04/2018	7.22	105.68
21	CH - 21	13/04/2018	21.19	18/04/2018	9.82	115.78
22	CH - 22	13/04/2018	17.87	18/04/2018	8.42	112.23
23	CH - 23	13/04/2018	20.51	18/04/2018	10.06	103.88
24	CH - 24	13/04/2018	21.95	18/04/2018	10.53	108.45
25	CH - 25	13/04/2018	13.93	18/04/2018	6.94	100.72
26	CH - 26	13/04/2018	14.39	18/04/2018	7.63	88.60
27	CH - 27	13/04/2018	16.89	18/04/2018	8.79	92.15
28	CH - 28	13/04/2018	12.66	18/04/2018	6.34	99.68
29	CH - 29	13/04/2018	12.15	18/04/2018	6.16	97.24
30	CH - 30	13/04/2018	16.21	18/04/2018	7.59	113.57
31	CH - 31	13/04/2018	17.9	18/04/2018	8.35	114.37
32	CH - 32	13/04/2018	14.57	18/04/2018	7.09	105.50
33	CH - 33	13/04/2018	13.54	18/04/2018	6.71	101.79
34	CH - 34	13/04/2018	14.08	18/04/2018	6.94	102.88
35	CH - 35	13/04/2018	14.61	18/04/2018	7.29	100.41
36	CH - 36	13/04/2018	13.65	18/04/2018	6.55	108.40
37	CH - 37	13/04/2018	17.75	18/04/2018	8.76	102.63
38	CH - 38	13/04/2018	16.6	18/04/2018	7.96	108.54
39	CH - 39	13/04/2018	12.73	18/04/2018	6.35	100.47
40	CH - 40	13/04/2018	14.85	18/04/2018	6.94	113.98

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.2. Densidad

Para el ensayo de densidad, se realizó de acuerdo a la NTC 5525. Se midió las dimensiones de las probetas con exactitud de 0,1 mm y se determinó el volumen con un método adecuado (mediante de inmersión), para el presente método se introdujo las probetas en agua hasta que alcancen un peso constante, seguidamente se determinó el volumen de las probetas por el método de medición indirecta por inmersión en agua, previa determinación del peso de la probeta; se sumergió totalmente sin tocar el fondo del recipiente en un peso conocido de agua y se registra el incremento de peso correspondiente, que representa el volumen de la probeta. Una vez pesadas las probetas se las colocaron en la estufa, aplicando una temperatura constante de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ de tal manera que se controló y se anotó los pesos de las probetas hasta obtener su estado anhidro o seco al horno, para un posterior tratamiento. Realice este procedimiento en condición húmeda (verde) o con el contenido de humedad durante el ensayo mecánico, según se requiera. En el último caso, determine el contenido de humedad.

Los datos obtenidos y resultados arrojados son como se muestran a continuación:

Tabla 6: Datos obtenidos de laboratorio probetas 1 al 10 – Densidad (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.				DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA						
<u>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</u>										
NOMBRE COMÚN:		Bambú			N° DE XILOTECA:					
NOMBRE CIENTÍFICO		<i>Guadua angustifolia</i> Kunth			N° DE ÁRBOL:					
FAMILIA:		Poaceae			PROCEDENCIA:		ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS			
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 011					PROYECTO:		TESIS			
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525					EJECUTOR:		JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA			
					FECHA:		14/04/2018			
MUESTRA N°	D 1		D 2		D 3		D 4		D 5	
CONTROL N°	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)
SATURADO										
SECO AL HORNO										
01.	18.43	16.41	15.16	13.03	28.09	24.42	15.34	13.68	13.56	11.97
02.	8.89		7.61		13.91		7.39		6.78	
03.	8.88		7.60		13.86		7.36		6.75	
04.	8.86		7.58		13.80		7.36		6.74	
05.	8.85		7.59		13.79		7.32		6.74	
06.	8.84	10.98	7.59	8.92	13.78	15.55	7.32	7.68	6.74	7.75
DENSIDAD (g/cm3)										
ANHIDRA (Da)	0.8051		0.8509		0.8862		0.9531		0.8697	
BÁSICA (Db)	0.5387		0.5825		0.5643		0.5351		0.5631	
MUESTRA	D 6		D 7		D 8		D 9		D 10	
CONTROL N°	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)
SATURADO										
SATURADO.										
SECO AL HORNO										
01.	27.41	24.16	18.61	16.90	14.80	13.04	12.80	11.28	19.34	16.97
02.	12.27		8.71		7.43		6.44		9.55	
03.	12.27		8.69		7.42		6.43		9.54	
04.	12.20		8.67		7.40		6.43		9.52	
05.	12.21		8.67		7.41		6.42		9.51	
06.	12.21	15.12	8.67	8.46	7.41	8.55	6.43	7.41	9.51	11.56
DENSIDAD (g/cm3)										
ANHIDRA (Da)	0.8075		1.0248		0.8667		0.8677		0.8227	
BÁSICA (Db)	0.5054		0.5130		0.5683		0.5700		0.5604	

Tabla 7: Datos obtenidos de laboratorio probetas 11 al 20 – Densidad (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA				DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA							
<u>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</u>											
NOMBRE COMÚN:		Bambú			N° DE XILOTECA:						
NOMBRE CIENTÍFICO:		<i>Guadua angustifolia</i> Kunth			N° DE ÁRBOL:						
FAMILIA:		Poaceae			PROCEDENCIA:						
					ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS						
NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 011				PROYECTO:		TESIS					
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525				EJECUTOR:		JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA					
				FECHA:		14/04/2018					
MUESTRA											
CONTROL N°											
		D 11		D 12		D 13		D 14		D 15	
	PESO	VOLUMEN	PESO	VOLUMEN	PESO	VOLUMEN	PESO	VOLUMEN	PESO	VOLUMEN	
	(g)	(cm3)	(g)	(cm3)	(g)	(cm3)	(g)	(cm3)	(g)	(cm3)	
SATURADO											
SECO AL HORNO											
01.	13.74	12.19	15.63	13.40	15.79	14.07	14.15	12.61	13.16	12.04	
02.	7.40		7.48		7.99		6.88		6.47		
03.	7.41		7.47		7.97		6.86		6.46		
04.	7.40		7.44		7.97		6.86		6.44		
05.	7.40		7.45		7.96		6.85		6.44		
06.	7.40	8.38	7.44	8.53	7.96	9.04	6.85	7.94	6.44	7.52	
DENSIDAD (g/cm3)											
ANHIDRA (Da)	0.8831		0.8722		0.8805		0.8627		0.8564		
BÁSICA (Db)	0.6071		0.5552		0.5657		0.5432		0.5349		
MUESTRA											
CONTROL N°											
		D 16		D 17		D 18		D 19		D 20	
	PESO	VOLUMEN	PESO	VOLUMEN	PESO	VOLUMEN	PESO	VOLUMEN	PESO	VOLUMEN	
	(g)	(cm3)	(g)	(cm3)	(g)	(cm3)	(g)	(cm3)	(g)	(cm3)	
SATURADO											
SECO AL HORNO											
01.	13.75	12.23	14.92	13.79	20.18	17.80	15.08	13.25	14.85	13.33	
02.	6.98		7.55		9.78		7.46		7.25		
03.	6.97		7.51		9.75		7.45		7.23		
04.	6.96		7.49		9.72		7.44		7.23		
05.	6.96		7.50		9.73		7.45		7.23		
06.	6.96	7.46	7.49	8.08	9.72	11.80	7.44	8.52	7.22	8.53	
DENSIDAD (g/cm3)											
ANHIDRA (Da)	0.9330		0.9270		0.8237		0.8732		0.8464		
BÁSICA (Db)	0.5691		0.5431		0.5461		0.5615		0.5416		

Tabla 8: Datos obtenidos de laboratorio probetas 21 al 30 – Densidad (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA				DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA							
<u>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</u>											
NOMBRE COMÚN:		Bambú				N° DE XILOTECA:					
NOMBRE CIENTÍFICO:		<i>Guadua angustifolia</i> Kunth				N° DE ÁRBOL:					
FAMILIA:		Poaceae				PROCEDENCIA:		ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS			
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 011						PROYECTO:		TESIS			
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525						EJECUTOR:		JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA			
						FECHA:		14/04/2018			
MUESTRA	D 21		D 22		D 23		D 24		D 25		
CONTROL N°	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	
SATURADO											
SECO AL HORNO											
01.	21.19	18.73	17.87	16.07	20.51	17.19	21.95	19.37	13.93	12.62	
02.	9.89		8.47		10.13		10.61		6.96		
03.	9.86		8.45		10.10		10.59		6.95		
04.	9.83		8.42		10.05		10.55		6.94		
05.	9.82		8.42		10.06		10.54		6.94		
06.	9.82	12.18	8.42	9.58	10.06	11.48	10.53	13.24	6.94	7.99	
DENSIDAD (g/cm3)											
ANHIDRA (Da)	0.8062		0.8789		0.8763		0.7953		0.8686		
BÁSICA (Db)	0.5243		0.5240		0.5852		0.5436		0.5499		
MUESTRA N°	D 26		D 27		D 28		D 29		D 30		
CONTROL N°	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	
SATURADO											
SECO AL HORNO											
01.	14.39	13.86	16.89	14.78	12.66	11.35	12.15	11.39	16.21	14.61	
02.	7.66		8.82		6.35		6.18		7.63		
03.	7.65		8.80		6.34		6.18		7.62		
04.	7.64		8.78		6.34		6.17		7.60		
05.	7.63		8.79		6.34		6.16		7.59		
06.	7.63	8.15	8.79	10.76	6.34	7.25	6.16	7.20	7.59	8.89	
DENSIDAD (g/cm3)											
ANHIDRA (Da)	0.9362		0.8169		0.8745		0.8556		0.8538		
BÁSICA (Db)	0.5505		0.5947		0.5586		0.5408		0.5195		

Tabla 9: Datos obtenidos de laboratorio probetas 31 al 40 – Densidad (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA				DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA						
<u>DETERMINACIÓN DE DENSIDAD</u>										
NOMBRE COMÚN:		Bambú				N° DE XILOTECA:				
NOMBRE CIENTÍFICO:		<i>Guadua angustifolia</i> Kunth				N° DE ÁRBOL:				
FAMILIA:		Poaceae				PROCEDENCIA: ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS				
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 011					PROYECTO:		TESIS			
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525					EJECUTOR:		JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA			
					FECHA:		14/04/2018			
MUESTRA N°	D 31		D 32		D 33		D 34		D 35	
CONTROL N°	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)
SATURADO										
SECO AL HORNO										
01.	17.90	15.88	14.57	12.99	13.54	11.63	14.08	12.45	14.61	13.06
02.	8.40		7.13		6.76		6.97		7.33	
03.	8.38		7.11		6.74		9.97		7.32	
04.	8.36		7.11		6.72		6.96		7.29	
05.	8.35		7.09		6.71		6.95		7.29	
06.	8.35	10.47	7.09	7.65	6.71	7.59	6.94	7.92	7.29	8.76
DENSIDAD (g/cm3)										
ANHIDRA (Da)	0.7975		0.9268		0.8841		0.8763		0.8322	
BÁSICA (Db)	0.5258		0.5458		0.5770		0.5574		0.5582	
MUESTRA N°	D 36		D 37		D 38		D 39		D 40	
CONTROL N°	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)
SATURADO										
SECO AL HORNO										
01.	13.65	12.20	17.75	15.65	16.60	14.71	12.73	11.21	14.85	13.29
02.	6.59		8.84		8.00		6.39		6.98	
03.	6.58		8.82		7.99		6.37		6.97	
04.	6.57		8.79		7.98		6.36		6.94	
05.	6.55		8.77		7.97		6.35		6.94	
06.	6.55	7.51	8.76	10.67	7.96	9.75	6.35	7.19	6.94	7.92
DENSIDAD (g/cm3)										
ANHIDRA (Da)	0.8722		0.8210		0.8164		0.8832		0.8763	
BÁSICA (Db)	0.5369		0.5597		0.5411		0.5665		0.5222	

Tabla 10: Datos procesados – Densidad Verde, Densidad Anhidra y Densidad Básica (*Guadua angustifolia* Kunth).

N°	Código de Probeta	Densidad Verde (g/cm ³)	Densidad Anhidra (Da) (g/cm ³)	Densidad Básica (Db) (g/cm ³)
1	D 1	1.1231	0.8051	0.5387
2	D 2	1.1635	0.8509	0.5825
3	D 3	1.1503	0.8862	0.5643
4	D 4	1.1213	0.9531	0.5351
5	D 5	1.1328	0.8697	0.5631
6	D 6	1.1345	0.8075	0.5054
7	D 7	1.1012	1.0248	0.5130
8	D 8	1.1350	0.8667	0.5683
9	D 9	1.1348	0.8677	0.5700
10	D 10	1.1397	0.8227	0.5604
11	D 11	1.1272	0.8831	0.6071
12	D 12	1.1664	0.8722	0.5552
13	D 13	1.1222	0.8805	0.5657
14	D 14	1.1221	0.8627	0.5432
15	D 15	1.0930	0.8564	0.5349
16	D 16	1.1243	0.9330	0.5691
17	D 17	1.0819	0.9270	0.5431
18	D 18	1.1337	0.8237	0.5461
19	D 19	1.1381	0.8732	0.5615
20	D 20	1.1140	0.8464	0.5416
21	D 21	1.1313	0.8062	0.5243
22	D 22	1.1120	0.8789	0.5240
23	D 23	1.1931	0.8763	0.5852
24	D 24	1.1332	0.7953	0.5436
25	D 25	1.1038	0.8686	0.5499
26	D 26	1.0382	0.9362	0.5505
27	D 27	1.1428	0.8169	0.5947
28	D 28	1.1154	0.8745	0.5586
29	D 29	1.0667	0.8556	0.5408
30	D 30	1.1095	0.8538	0.5195
31	D 31	1.1272	0.7975	0.5258
32	D 32	1.1216	0.9268	0.5458
33	D 33	1.1642	0.8841	0.5770
34	D 34	1.1309	0.8763	0.5574
35	D 35	1.1187	0.8322	0.5582
36	D 36	1.1189	0.8722	0.5369
37	D 37	1.1342	0.8210	0.5597
38	D 38	1.1285	0.8164	0.5411
39	D 39	1.1356	0.8832	0.5665
40	D 40	1.1174	0.8763	0.5222

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.3. Contracción Volumétrica

Se procedió de acuerdo a la NTC 5525. El método referido consistió en la toma de las dimensiones volumétricas de las probetas con el método de inmersión en sus diferentes estados. Las mediciones se inician en el estado verde, se continúa midiendo mientras las probetas secan a temperatura ambiente y finalmente en estufa a temperatura de $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$; en simultáneo se tomaron los datos de las dimensiones. Estos datos son tratados posteriormente en gabinete.

Los datos obtenidos son como se muestran a continuación:

Tabla 11: Datos obtenidos de contracción volumétrica Probetas 1 al 15 (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA		DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA	
CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA			
NOMBRE COMÚN:	Bambú	N° DE XILOTECA:	
NOMBRE CIENTÍFICO:	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	N° DE ÁRBOL:	
FAMILIA:	Poaceae	PROCEDENCIA:	ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 012		PROYECTO:	TESIS
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525		EJECUTOR:	JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA
		FECHA:	14/04/2018

DATOS CONTROL N°	C - 1		C - 2		C - 3		C - 4		C - 5	
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)
SATURADO										
SECO AL AIRE / HORNO										
INICIAL	18.43	16.41	15.16	13.03	28.09	24.42	15.34	13.68	13.56	11.97
FINAL	8.84	10.98	7.59	8.92	13.78	15.55	7.32	7.68	6.74	7.75
CONTR. (%)	33.09		31.54		36.32		43.86		35.25	

DATOS CONTROL N°	C - 6		C - 7		C - 8		C - 9		C - 10	
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)
SATURADO										
SECO AL AIRE / HORNO										
INICIAL	27.41	24.16	18.61	16.90	14.80	13.04	12.80	11.28	19.34	16.97
FINAL	12.21	15.12	8.67	8.46	7.41	8.55	6.43	7.41	9.51	11.56
CONTR. (%)	37.42		49.94		34.43		34.31		31.88	

DATOS CONTROL N°	C - 11		C - 12		C - 13		C - 14		C - 15	
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)
SATURADO										
SECO AL AIRE / HORNO										
INICIAL	13.74	12.19	15.63	13.40	15.79	14.07	14.15	12.61	13.16	12.04
FINAL	7.40	8.38	7.44	8.53	7.96	9.04	6.85	7.94	6.44	7.52
CONTR. (%)	31.26		36.34		35.75		37.03		37.54	

Tabla 12: Datos obtenidos de contracción volumétrica Probetas 16 al 30 (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.				DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA							
CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA											
NOMBRE COMÚN:		Bambú				N° DE XILOTECA:					
NOMBRE CIENTÍFICO		<i>Guadua angustifolia</i> Kunth				N° DE ÁRBOL:					
FAMILIA:		Poaceae				PROCEDENCIA:		ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS			
NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 012				PROYECTO:		TESIS					
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525				EJECUTOR:		JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA					
				FECHA:		14/04/2018					
DATOS CONTROL N°	C - 16		C - 17		C - 18		C - 19		C - 20		
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	
SATURADO.											
SECO AL AIRE / HORNO											
INICIAL		13.75	12.23	14.92	13.79	20.18	17.80	15.08	13.25	14.85	13.33
FINAL		6.96	7.46	7.49	8.08	9.72	11.80	7.44	8.52	7.22	8.53
CONTR. (%)		39.00		41.41		33.71		35.70		36.01	
DATOS CONTROL N°	C - 21		C - 22		C - 23		C - 24		C - 25		
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	
SATURADO											
SECO AL AIRE / HORNO											
INICIAL		21.19	18.73	17.87	16.07	20.51	17.19	21.95	19.37	13.93	12.62
FINAL		9.82	12.18	8.42	9.58	10.06	11.48	10.53	13.24	6.94	7.99
CONTR. (%)		34.97		40.39		33.22		31.65		36.69	
DATOS CONTROL N°	C - 26		C - 27		C - 28		C - 29		C - 30		
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	
SATURADO											
SECO AL AIRE / HORNO											
INICIAL		14.39	13.86	16.89	14.78	12.66	11.35	12.15	11.39	16.21	14.61
FINAL		7.63	8.15	8.79	10.76	6.34	7.25	6.16	7.20	7.59	8.89
CONTR. (%)		41.20		27.20		36.12		36.79		39.15	

Tabla 13: Datos obtenidos de contracción volumétrica Probetas 31 al 40 (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA				DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA							
CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA											
NOMBRE COMÚN:		Bambú				N° DE XILOTECA:					
NOMBRE CIENTÍFICO		<i>Guadua angustifolia</i> Kunth				N° DE ÁRBOL:					
FAMILIA:		Poaceae				PROCEDENCIA:		ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS			
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 012						PROYECTO:		TESIS			
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525						EJECUTOR:		JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA			
						FECHA:		14/04/2018			
DATOS	C - 31		C - 32		C - 33		C - 34		C - 35		
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	
SATURADO											
SECO AL AIRE / HORNO											
INICIAL		17.90	15.88	14.57	12.99	13.54	11.63	14.08	12.45	14.61	13.06
FINAL		8.35	10.47	7.09	7.65	6.71	7.59	6.94	7.92	7.29	8.76
CONTR. (%)		34.07		41.11		34.74		36.39		32.92	
DATOS	C - 36		C - 37		C - 38		C - 39		C - 40		
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	
SATURADO											
SECO AL AIRE / HORNO											
INICIAL		13.65	12.20	17.75	15.65	16.60	14.71	12.73	11.21	14.85	13.29
FINAL		6.55	7.51	8.76	10.67	7.96	9.75	6.35	7.19	6.94	7.92
CONTR. (%)		38.44		31.82		33.72		35.86		40.41	

Tabla 14: Datos procesados – Contracción Volumétrica (*Guadua angustifolia* Kunth).

Nº	Código de Probeta	Volumen Inicial (cm ³)	Volumen Anhidro (cm ³)	Contracción Volumétrica Total (%)
1	CV 1	16.41	10.98	33.090
2	CV 2	13.03	8.92	31.543
3	CV 3	24.42	15.55	36.323
4	CV 4	13.68	7.68	43.860
5	CV 5	11.97	7.75	35.255
6	CV 6	24.16	15.12	37.417
7	CV 7	16.90	8.46	49.941
8	CV 8	13.04	8.55	34.433
9	CV 9	11.28	7.41	34.309
10	CV 10	16.97	11.56	31.880
11	CV 11	12.19	8.38	31.255
12	CV 12	13.40	8.53	36.343
13	CV 13	14.07	9.04	35.750
14	CV 14	12.61	7.94	37.034
15	CV 15	12.04	7.52	37.542
16	CV 16	12.23	7.46	39.002
17	CV 17	13.79	8.08	41.407
18	CV 18	17.80	11.80	33.708
19	CV 19	13.25	8.52	35.698
20	CV 20	13.33	8.53	36.009
21	CV 21	18.73	12.18	34.971
22	CV 22	16.07	9.58	40.386
23	CV 23	17.19	11.48	33.217
24	CV 24	19.37	13.24	31.647
25	CV 25	12.62	7.99	36.688
26	CV 26	13.86	8.15	41.198
27	CV 27	14.78	10.76	27.199
28	CV 28	11.35	7.25	36.123
29	CV 29	11.39	7.20	36.787
30	CV 30	14.61	8.89	39.151
31	CV 31	15.88	10.47	34.068
32	CV 32	12.99	7.65	41.109
33	CV 33	11.63	7.59	34.738
34	CV 34	12.45	7.92	36.386
35	CV 35	13.06	8.76	32.925
36	CV 36	12.20	7.51	38.443
37	CV 37	15.65	10.67	31.821
38	CV 38	14.71	9.75	33.719
39	CV 39	11.21	7.19	35.861
40	CV 40	13.29	7.92	40.406

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2. Ensayos de las propiedades mecánicas

2.5.2.1. Compresión paralela a la fibra

Se realizó según lo establecido en la NTP 251.014. Contando con las probetas correctamente acondicionadas y luego de preparar e instrumentar la máquina universal con sus respectivos accesorios se procedió a realizar el ensayo correspondiente.

Previamente se anotaron las dimensiones de cada una de las probetas (diámetro, espesor y longitud) con ayuda del vernier, con el fin de determinar el área paralela a la carga que se aplicará.

Una vez instalada la probeta en la máquina universal y partiendo desde cero se le aplicó de manera controlada y continua durante todo el ensayo, con una frecuencia de 2 Hz. a razón de 0.305 mm/min una carga axial paralela a la fibra hasta su rotura. Simultáneamente se registraron las deformaciones totales que sufre la probeta durante el ensayo, mediante un deflectómetro, a intervalos de carga de 500 Lb.

Inmediatamente después de realizado el ensayo de cada probeta, de la parte no agrietada y cercana a la zona donde ha ocurrido la falla, se cortó una probeta de 2 cm de ancho aproximadamente por el alto de la probeta, luego de lo cual se procedió a pesarlas en ese estado (peso húmedo o verde); seguidamente fueron depositadas en la estufa a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta su deshidratación total, luego de lo cual nuevamente se las pesó (peso anhidro).

Todos los datos obtenidos se anotaron en el formato correspondiente del “Registro de Ensayos” diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM.

Los resultados obtenidos y el tratamiento de datos, para las probetas “1” son como se muestran a continuación (los resultados del resto de probetas, ver CD adjunto):

Tabla 15: Datos obtenidos de laboratorio. Comp. Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES
LAB. PROPIEDADES FÍSICA- MECÁNICAS DE LA MADERA

ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS CON NODO

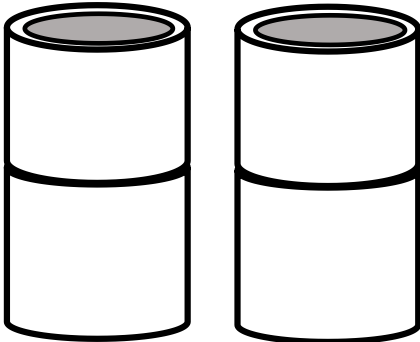
NOMBRE COMUN: <u>Bambú</u> <u>Guadua</u>		N° DE XILOTECA: _____ N° DE PLANTA: _____	
NOMBRE CIENTIFICO: <u>angustifolia Kunth</u>		MUESTRAN°: <u>C//1</u>	
FAMILIA: <u>Poaceae</u>		PROCEDENCIA: <u>ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS</u>	
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO.		CONDICION.	
LUZ: _____ CMS.	SECA AL AIRE. <input type="checkbox"/>	CARGA (lb)	DEFORMACIÓN N (pulg)
P: <u>25250</u> LBS.	SATURADA <input type="checkbox"/>	1.- <u>500</u>	<u>78</u>
P': <u>20500</u> LBS.		2.- <u>1000</u>	<u>82</u>
Y: <u>15.0</u> CMS.	DURAMEN : _____ %.	3.- <u>1500</u>	<u>86</u>
		4.- <u>2000</u>	<u>91</u>
		5.- <u>2500</u>	<u>96</u>
DIÁMETRO (A) : <u>111.0</u> CMS.	DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD.	6.- <u>3000</u>	<u>100</u>
	PESO INICIAL: <u>77.56 g</u>	7.- <u>3500</u>	<u>105</u>
ESPESOR (B) : <u>10.0</u> CMS.	PESO SECO AL HORNO: <u>31.78 g</u>	8.- <u>4000</u>	<u>109</u>
	VOLUMEN: _____	9.- <u>4500</u>	<u>114</u>
	CONT. HUMEDAD: <u>144.05%</u>	10.- <u>5000</u>	<u>119</u>
		11.- <u>5500</u>	<u>124</u>
		12.- <u>6000</u>	<u>128</u>
		13.- <u>6500</u>	<u>134</u>
		14.- <u>7000</u>	<u>139</u>
		15.- <u>7500</u>	<u>143</u>
		16.- <u>8000</u>	<u>148</u>
		17.- <u>8500</u>	<u>152</u>
		18.- <u>9000</u>	<u>156</u>
		19.- <u>9500</u>	<u>160</u>
		20.- <u>10000</u>	<u>165</u>
OBSERVACIONES : _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____		21.- <u>10500</u>	<u>168</u>
		22.- <u>11000</u>	<u>173</u>
		23.- <u>11500</u>	<u>177</u>
		24.- <u>12000</u>	<u>182</u>
		25.- <u>12500</u>	<u>187</u>
		26.- <u>13000</u>	<u>191</u>
		27.- <u>13500</u>	<u>196</u>
		28.- <u>14000</u>	<u>201</u>
		29.- <u>14500</u>	<u>206</u>
		30.- <u>15000</u>	<u>209</u>
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA N° 5525 NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 014 RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (MPa) ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LIMITE PROPORCIONAL <u>28.739</u> MAXIMA RESISTENCIA A LA COMPRESION : <u>35.398</u> MODULO DE ELASTICIDAD : <u>16708.620</u>		31.- <u>15500</u>	<u>215</u>
		32.- <u>16000</u>	<u>218</u>
		33.- <u>16500</u>	<u>223</u>
		34.- <u>17000</u>	<u>228</u>
		35.- <u>17500</u>	<u>231</u>
		36.- <u>18000</u>	<u>235</u>
		37.- <u>18500</u>	<u>240</u>
		38.- <u>19000</u>	<u>245</u>
		39.- <u>19500</u>	<u>249</u>
		40.- <u>20000</u>	<u>254</u>
INFORMACION GENERAL:			
PROYECTO :	<u>TESIS</u>		
EJECUTOR :	<u>JAMER PEREZ - ERICSON QUINTANA</u>		
FECHA :	<u>24/04/2018</u>		

Tabla 16: Diámetro, espesor, altura de la probeta, área, contenido de humedad, Compresión Paralela a la Fibra Con Nudo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

DIMENSIONES				CONTENIDO HUMEDAD (%)
D (mm)	t (mm)	H (mm)	ÁREA (mm ²)	
111	10	150	3173.01	144.05

Fuente: Elaboración propia.

* Fecha: 24 /04/ 2018.

Tabla 17: Datos procesados, Comp. Paralela a la Fibra Con Nudo - Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth). (Lectura 1 – 20)

Nº DE LECTURA	CARGA (lb)	DEFORM. TOTAL (µm)	CARGA (N)	DEFORM. TOTAL (mm)	ESFUERZO $\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$ (MPa)	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H}$ ($\frac{mm}{mm}$)
1	500	78	2224.111	0.078	0.701	0.00052
2	1000	82	4448.222	0.082	1.402	0.00055
3	1500	86	6672.332	0.086	2.103	0.00057
4	2000	91	8896.443	0.091	2.804	0.00061
5	2500	96	11120.554	0.096	3.505	0.00064
6	3000	100	13344.665	0.100	4.206	0.00067
7	3500	105	15568.776	0.105	4.907	0.00070
8	4000	109	17792.886	0.109	5.608	0.00073
9	4500	114	20016.997	0.114	6.309	0.00076
10	5000	119	22241.108	0.119	7.009	0.00079
11	5500	124	24465.219	0.124	7.710	0.00083
12	6000	128	26689.330	0.128	8.411	0.00085
13	6500	134	28913.440	0.134	9.112	0.00089
14	7000	139	31137.551	0.139	9.813	0.00093
15	7500	143	33361.662	0.143	10.514	0.00095
16	8000	148	35585.773	0.148	11.215	0.00099
17	8500	152	37809.884	0.152	11.916	0.00101
18	9000	156	40033.995	0.156	12.617	0.00104
19	9500	160	42258.105	0.160	13.318	0.00107
20	10000	165	44482.216	0.165	14.019	0.00110

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: (Continuación) Datos procesados, Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth). (Lectura 21 – 50).

N° DE LECTURA	CARGA (lb)	DEFORM. TOTAL (μm)	CARGA (N)	DEFORM. TOTAL (mm)	ESFUERZO $\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} (MPa)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} (\frac{mm}{mm})$
21	10500	168	46706.327	0.168	14.720	0.00112
22	11000	173	48930.438	0.173	15.421	0.00115
23	11500	177	51154.549	0.177	16.122	0.00118
24	12000	182	53378.659	0.182	16.823	0.00121
25	12500	187	55602.770	0.187	17.524	0.00125
26	13000	191	57826.881	0.191	18.225	0.00127
27	13500	196	60050.992	0.196	18.926	0.00131
28	14000	201	62275.103	0.201	19.627	0.00134
29	14500	206	64499.213	0.206	20.327	0.00137
30	15000	209	66723.324	0.209	21.028	0.00139
31	15500	215	68947.435	0.215	21.729	0.00143
32	16000	218	71171.546	0.218	22.430	0.00145
33	16500	223	73395.657	0.223	23.131	0.00149
34	17000	228	75619.767	0.228	23.832	0.00152
35	17500	231	77843.878	0.231	24.533	0.00154
36	18000	235	80067.989	0.235	25.234	0.00157
37	18500	240	82292.100	0.240	25.935	0.00160
38	19000	245	84516.211	0.245	26.636	0.00163
39	19500	249	86740.321	0.249	27.337	0.00166
40	20000	254	88964.432	0.254	28.038	0.00169
41	20500	258	91188.543	0.258	28.739	0.00172
42	21000	264	93412.654	0.264	29.440	0.00176
43	21500	269	95636.765	0.269	30.141	0.00179
44	22000	275	97860.876	0.275	30.842	0.00183
45	22500	281	100084.986	0.281	31.543	0.00187
46	23000	288	102309.097	0.288	32.244	0.00192
47	23500	296	104533.208	0.296	32.945	0.00197
48	24000	302	106757.319	0.302	33.645	0.00201
49	24500	314	108981.430	0.314	34.346	0.00209
50	25250	335	112317.596	0.335	35.398	0.00223

Fuente: Elaboración propia.

**DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA
COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA (con nodo)
Probeta C//1 - *Guadua angustifolia* Kunth)**

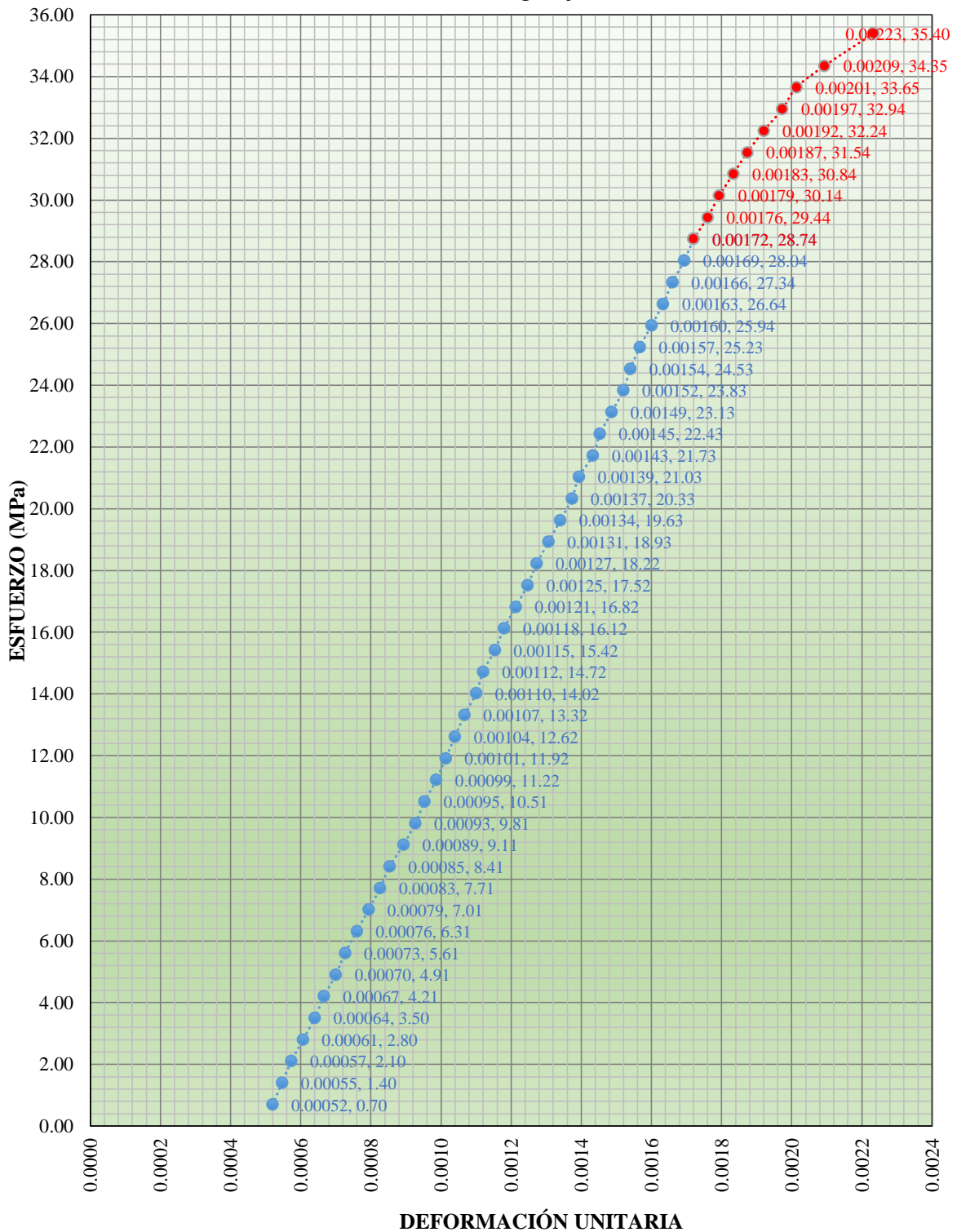


Figura 2. Dispersograma, Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia.)

LÍNEAS DE TENDENCIAS
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA
COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA (con nodo)
(Probeta C/1 - *Guadua angustifolia* Kunth)

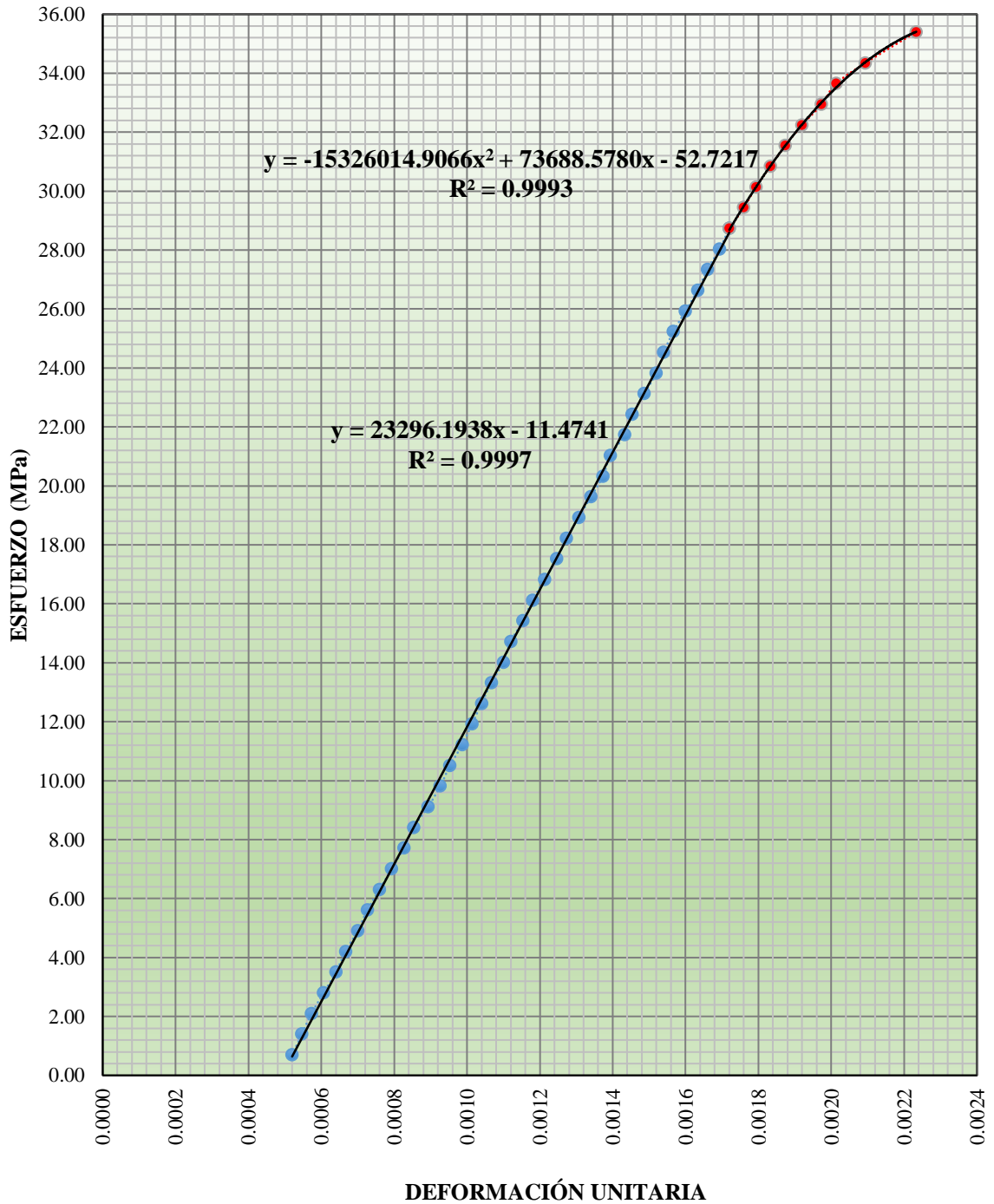


Figura 3. Ajuste, Comp. Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia.)

La función ajustada que domina el comportamiento elástico será:	
	$Y= 23296.1938x$
La función ajustada que domina el comportamiento plástico será:	
	$Y= -15326014.9066x^2 + 58591.5000x - 20.14567372240$
El punto de transición entre el tramo elástico y el tramo plástico de la curva está dada por:	
	$(x,y)= (0.00126 , 29.31674)$
El punto de rotura o colapso de la probeta está dada por :	
	$V= (0.00191 , 35.85329)$

TABULACIÓN

N	X	Y
1	0.00000	0.00000
2	0.00013	2.93167
3	0.00025	5.86335
4	0.00038	8.79502
5	0.00050	11.72669
6	0.00063	14.65837
7	0.00076	17.59004
8	0.00088	20.52172
9	0.00101	23.45339
10	0.00113	26.38506
11	0.00126	29.31674
12	0.00129	29.95405
13	0.00132	30.55868
14	0.00136	31.13063
15	0.00139	31.66990
16	0.00142	32.17648
17	0.00145	32.65038
18	0.00149	33.09160
19	0.00152	33.50013
20	0.00155	33.87598
21	0.00158	34.21915
22	0.00162	34.52964
23	0.00165	34.80744
24	0.00168	35.05256
25	0.00172	35.26500
26	0.00175	35.44476
27	0.00178	35.59183
28	0.00181	35.70622
29	0.00185	35.78793
30	0.00188	35.83695
31	0.00191	35.85329

**COMPORTAMIENTO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA**

Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo
(Probeta C// 1; *Guadua angustifolia kunth*)

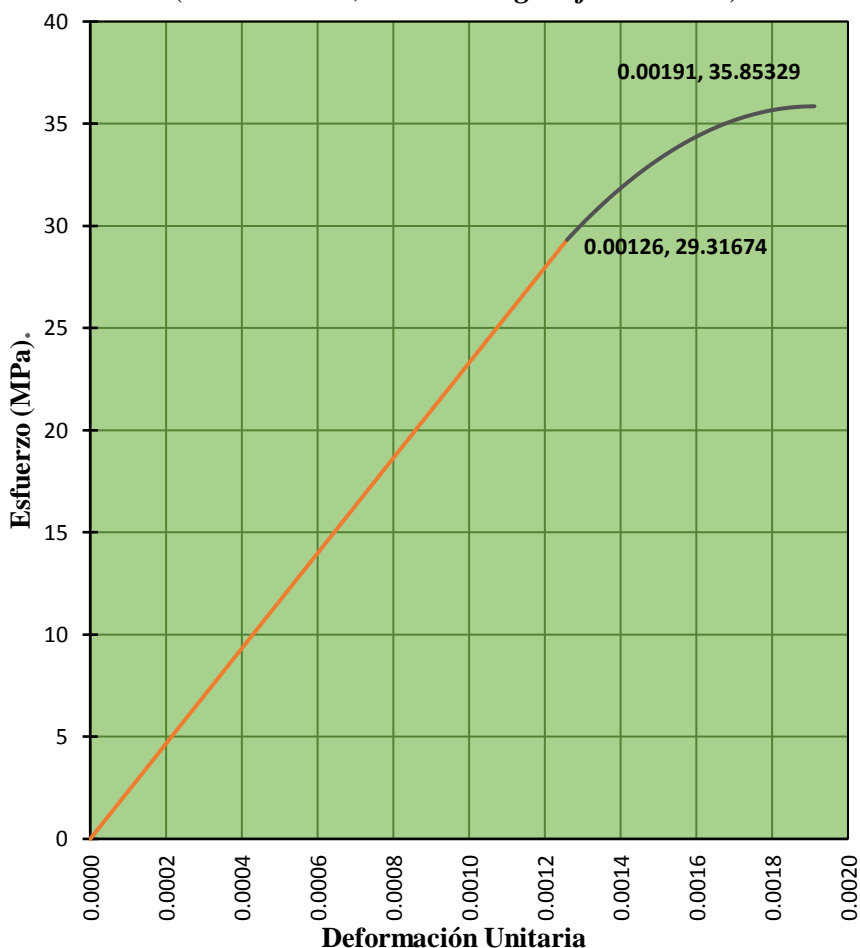


Figura 4. Comportamiento, Comp. Paralela a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia Kunth*).

(Fuente: Elaboración propia.)

Tabla 19: Datos obtenidos de laboratorio. Comp. Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA- MECÁNICAS DE LA MADERA

ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS SIN NODO

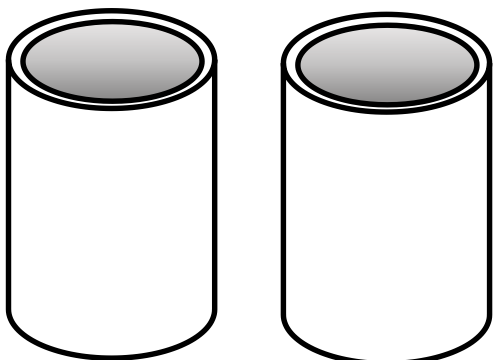
NOMBRE COMUN: <u>Bambú</u> <i>Guadua angustifolia</i>		N° DE XILOTECA: _____	N° DE PLANTA: _____				
NOMBRE CIENTIFICO: <u>Kunth</u>		MUESTRAN°: <u>C//1</u>					
FAMILIA: <u>Poaceae</u>		PROCEDENCIA: <u>ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS</u>					
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO.		CONDICION.		CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)	CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)
LUZ: _____ CMS.	SECA AL AIRE. <input type="checkbox"/>	1.-	500	153	41.-	20500	334
P: <u>24250</u> LBS.	SATURADA <input type="checkbox"/>	2.-	1000	157	42.-	21000	340
P': <u>20000</u> LBS.		3.-	1500	161	43.-	21500	346
<u>15.0</u> CMS.	DURAMEN : _____ %.	4.-	2000	166	44.-	22000	352
		5.-	2500	171	45.-	22500	359
DIÁMETRO (A) : <u>116.0</u> CMS.	DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD.	6.-	3000	175	46.-	23000	368
	PESO INICIAL: <u>49.86 g</u>	7.-	3500	180	47.-	23500	379
ESPESOR (B) : <u>13.5</u> CMS.	PESO SECO AL HORNO: <u>27.23 g</u>	8.-	4000	185	48.-	24000	394
	VOLUMEN: _____	9.-	4500	190	49.-	24250	413
	CONT. HUMEDAD: <u>83.11%</u>	10.-	5000	194	50.-		
		11.-	5500	199	51.-		
		12.-	6000	203	52.-		
		13.-	6500	207	53.-		
		14.-	7000	212	54.-		
		15.-	7500	217	55.-		
		16.-	8000	222	56.-		
		17.-	8500	226	57.-		
		18.-	9000	230	58.-		
		19.-	9500	234	59.-		
		20.-	10000	239	60.-		
OBSERVACIONES : _____		21.-	10500	243	61.-		
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA N° 5525		22.-	11000	247	62.-		
NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 014		23.-	11500	252	63.-		
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (MPa)		24.-	12000	257	64.-		
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LIMITE PROPORCIONAL : <u>20.465</u>		25.-	12500	262	65.-		
MAXIMA RESISTENCIA A LA COMPRESION : <u>24.814</u>		26.-	13000	266	66.-		
MODULO DE ELASTICIDAD : <u>9330.486</u>		27.-	13500	270	67.-		
INFORMACION GENERAL:		28.-	14000	275	68.-		
PROYECTO : _____	<u>TESIS</u>	29.-	14500	279	69.-		
EJECUTOR : _____	<u>JAMER PEREZ - ERICSON QUINTANA</u>	30.-	15000	284	70.-		
FECHA : _____	<u>24/04/2018</u>	31.-	15500	288	71.-		
		32.-	16000	293	72.-		
		33.-	16500	297	73.-		
		34.-	17000	303	74.-		
		35.-	17500	307	75.-		
		36.-	18000	311	76.-		
		37.-	18500	316	77.-		
		38.-	19000	320	78.-		
		39.-	19500	325	79.-		
		40.-	20000	329	80.-		

Tabla 20: Diámetro, espesor, altura de la probeta, área, contenido de humedad. Comp. Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

DIMENSIONES				CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
D (mm)	t (mm)	H (mm)	ÁREA (mm ²)	
116	13.5	150	4347.18	83.11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Datos procesados, Compresión Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth). (Lectura 1 – 20).

N° DE LECTURA	CARGA (lb)	DEFORM. TOTAL (µm)	CARGA (N)	DEFORM. TOTAL (mm)	ESFUERZO $\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$ (MPa)	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H}$ ($\frac{mm}{mm}$)
1	500	153	2224.111	0.153	0.512	0.00102
2	1000	157	4448.222	0.157	1.023	0.00105
3	1500	161	6672.332	0.161	1.535	0.00107
4	2000	166	8896.443	0.166	2.046	0.00111
5	2500	171	11120.554	0.171	2.558	0.00114
6	3000	175	13344.665	0.175	3.070	0.00117
7	3500	180	15568.776	0.180	3.581	0.00120
8	4000	185	17792.886	0.185	4.093	0.00123
9	4500	190	20016.997	0.190	4.605	0.00127
10	5000	194	22241.108	0.194	5.116	0.00129
11	5500	199	24465.219	0.199	5.628	0.00133
12	6000	203	26689.330	0.203	6.139	0.00135
13	6500	207	28913.440	0.207	6.651	0.00138
14	7000	212	31137.551	0.212	7.163	0.00141
15	7500	217	33361.662	0.217	7.674	0.00145
16	8000	222	35585.773	0.222	8.186	0.00148
17	8500	226	37809.884	0.226	8.698	0.00151
18	9000	230	40033.995	0.230	9.209	0.00153
19	9500	234	42258.105	0.234	9.721	0.00156
20	10000	239	44482.216	0.239	10.232	0.00159

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: (Continuación) Datos procesados, Compresión Paralela a la Fibra Sin Nudo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth). (Lectura 21 – 49).

N° DE LECTURA	CARGA (lb)	DEFORM. TOTAL (μm)	CARGA (N)	DEFORM. TOTAL (mm)	ESFUERZO $\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} (MPa)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} (\frac{mm}{mm})$
21	10500	243	46706.327	0.243	10.744	0.00162
22	11000	247	48930.438	0.247	11.256	0.00165
23	11500	252	51154.549	0.252	11.767	0.00168
24	12000	257	53378.659	0.257	12.279	0.00171
25	12500	262	55602.770	0.262	12.791	0.00175
26	13000	266	57826.881	0.266	13.302	0.00177
27	13500	270	60050.992	0.270	13.814	0.00180
28	14000	275	62275.103	0.275	14.325	0.00183
29	14500	279	64499.213	0.279	14.837	0.00186
30	15000	284	66723.324	0.284	15.349	0.00189
31	15500	288	68947.435	0.288	15.860	0.00192
32	16000	293	71171.546	0.293	16.372	0.00195
33	16500	297	73395.657	0.297	16.884	0.00198
34	17000	303	75619.767	0.303	17.395	0.00202
35	17500	307	77843.878	0.307	17.907	0.00205
36	18000	311	80067.989	0.311	18.418	0.00207
37	18500	316	82292.100	0.316	18.930	0.00211
38	19000	320	84516.211	0.320	19.442	0.00213
39	19500	325	86740.321	0.325	19.953	0.00217
40	20000	329	88964.432	0.329	20.465	0.00219
41	20500	334	91188.543	0.334	20.976	0.00223
42	21000	340	93412.654	0.340	21.488	0.00227
43	21500	346	95636.765	0.346	22.000	0.00231
44	22000	352	97860.876	0.352	22.511	0.00235
45	22500	359	100084.986	0.359	23.023	0.00239
46	23000	368	102309.097	0.368	23.535	0.00245
47	23500	379	104533.208	0.379	24.046	0.00253
48	24000	394	106757.319	0.394	24.558	0.00263
49	24250	413	107869.374	0.413	24.814	0.00275

Fuente: Elaboración propia.

DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA
COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA (sin nodo)
(Probeta C//1 - *Guadua angustifolia* Kunth)

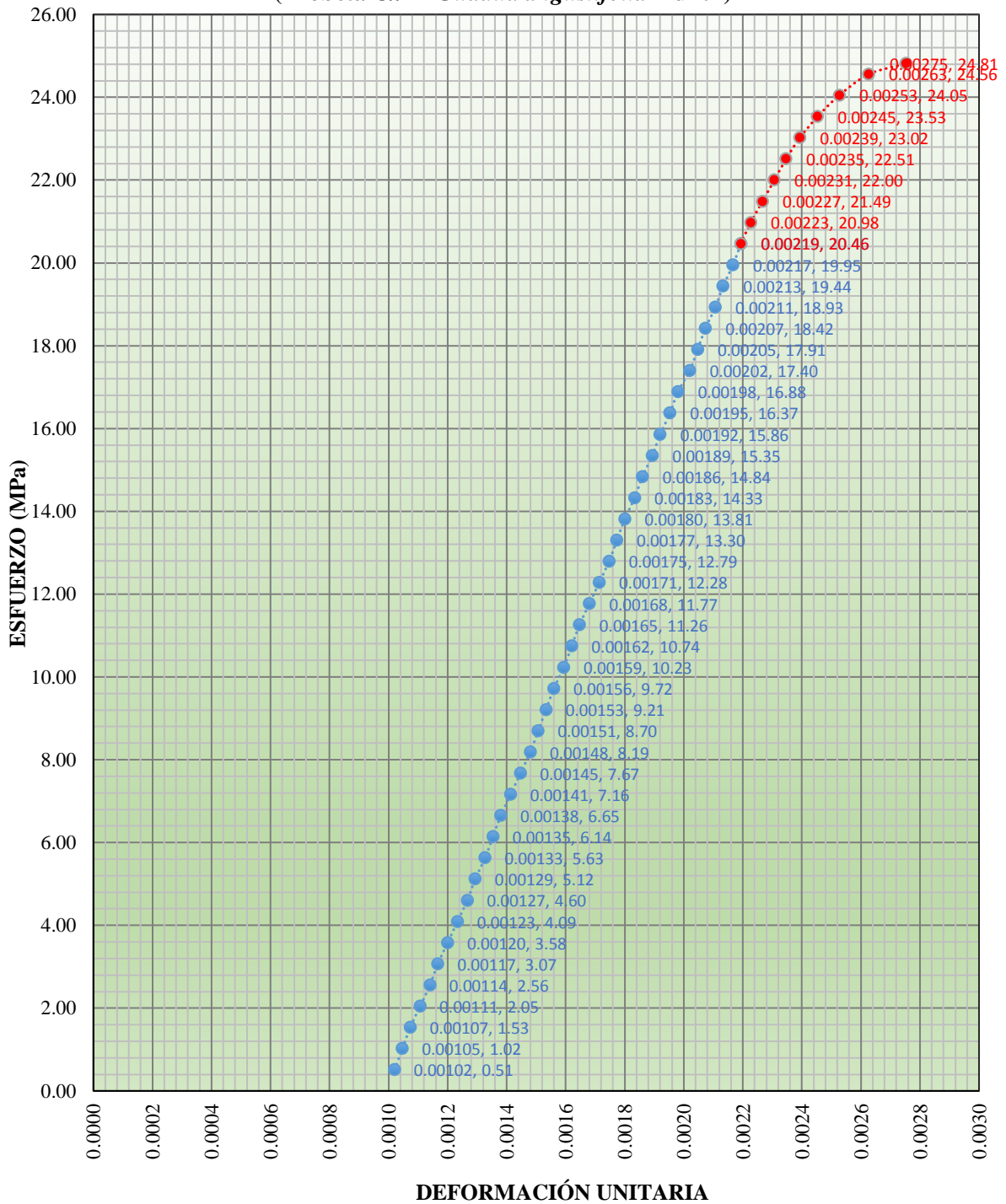


Figura 5. Dispersograma, Compresión Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia.)

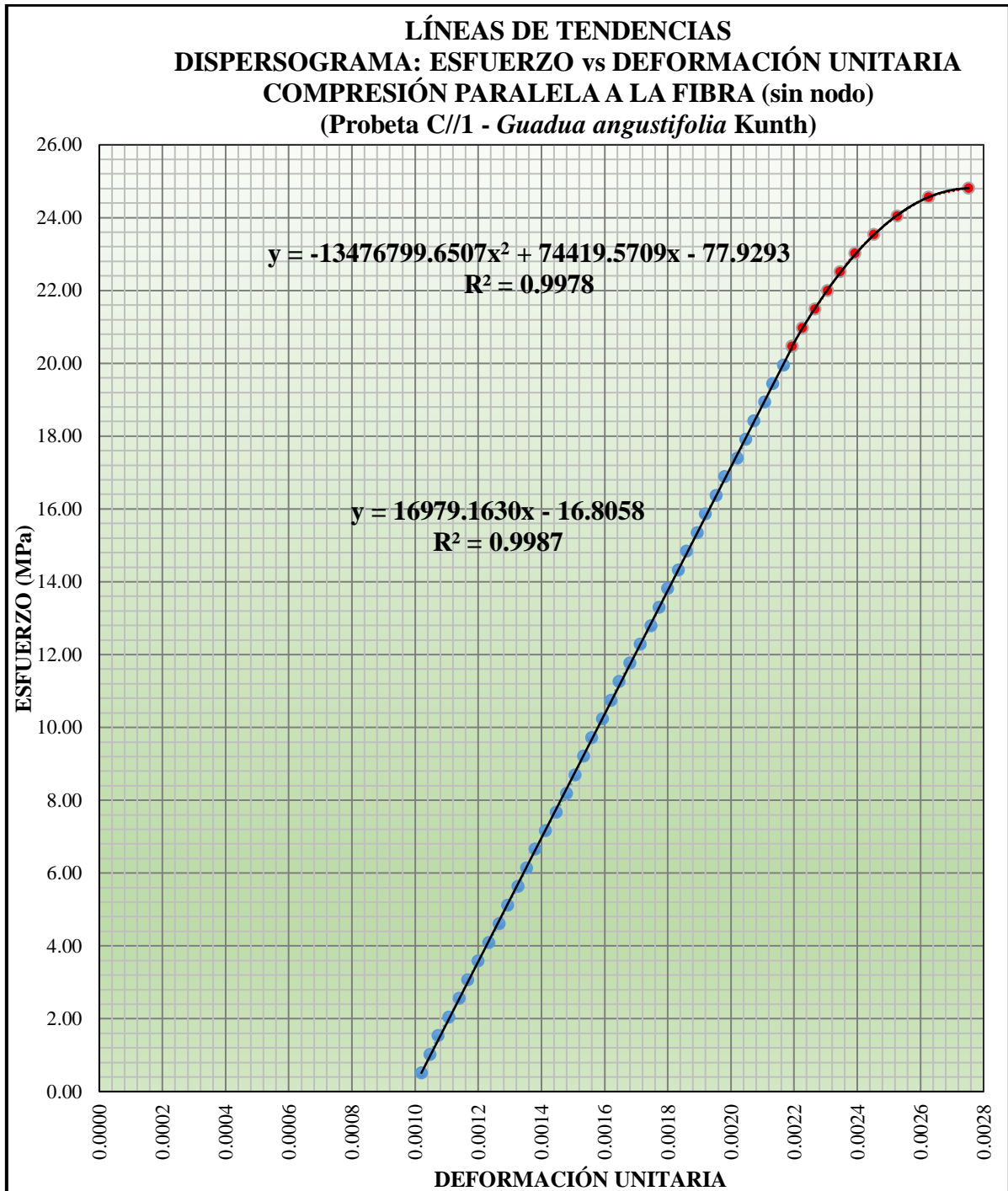


Figura 6. Ajuste, Comp. Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia.)

La función ajustada que domina el comportamiento elástico será:		
$Y = 16979.1630x$		
La función ajustada que domina el comportamiento plástico será:		
$Y = -13476799.6507x^2 + 47741.1770x - 17.47257735340$		
El punto de transición entre el tramo elástico y el tramo plástico de la curva está dada por:		
$(x,y) = (0.00122, 20.70018)$		
El punto de rotura o colapso de la probeta está dada por :		
$V = (0.00177, 24.80786)$		

TABULACIÓN

N	X	Y
1	0.00000	0.00000
2	0.00012	2.07002
3	0.00024	4.14004
4	0.00037	6.21005
5	0.00049	8.28007
6	0.00061	10.35009
7	0.00073	12.42011
8	0.00085	14.49013
9	0.00098	16.56015
10	0.00110	18.63016
11	0.00122	20.70018
12	0.00125	21.10068
13	0.00127	21.48064
14	0.00130	21.84006
15	0.00133	22.17895
16	0.00136	22.49729
17	0.00138	22.79510
18	0.00141	23.07237
19	0.00144	23.32910
20	0.00147	23.56529
21	0.00150	23.78094
22	0.00152	23.97606
23	0.00155	24.15063
24	0.00158	24.30467
25	0.00161	24.43817
26	0.00163	24.55113
27	0.00166	24.64355
28	0.00169	24.71544
29	0.00172	24.76678
30	0.00174	24.79759
31	0.00177	24.80786

**COMPORTAMIENTO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA**

Compresión Paralela a la Fibra Sin Nodo
(Probeta C//1; *Guadua angustifolia* Kunth)

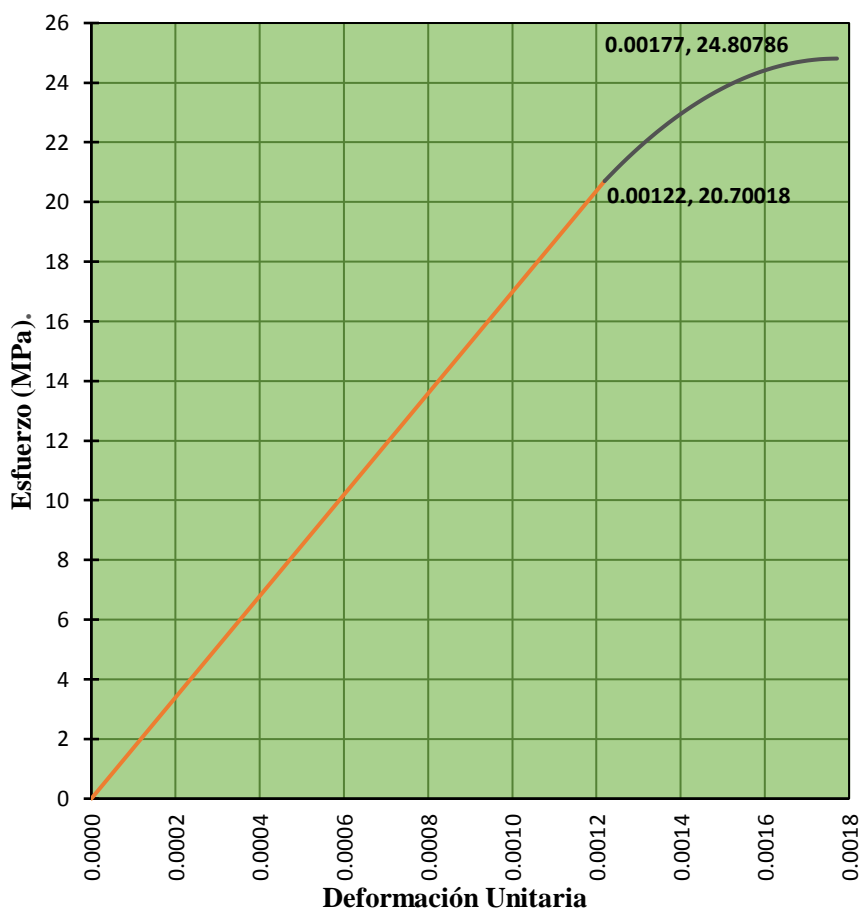


Figura 7. Comportamiento, Comp. Paralela a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia.)

2.5.2.2. Compresión perpendicular a la fibra

El siguiente ensayo se realizó de acuerdo a lo establecido en la NTC - 5525, teniendo las probetas correctamente acondicionadas y luego de preparar e instrumentar la máquina universal con sus respectivos accesorios se procedió a realizar el ensayo correspondiente.

Previamente se tomaron las dimensiones a las probetas (diámetro, espesor y longitud) con ayuda del vernier; con la finalidad de determinar el área perpendicular a la carga que se aplicará.

Una vez instalada la probeta sobre la base de la máquina universal, de tal manera que la fuerza sea aplicada sobre la cara perpendicular a la sección transversal, se coloca la pieza de presión perfectamente centrada y partiendo desde cero se le aplicó de manera controlada y continua una carga axial perpendicular a la fibra tanto a probetas con nodo y sin nodo hasta su punto de “falla”. Simultáneamente se registraron las deformaciones totales que sufre la probeta durante el ensayo, mediante, a intervalos de carga de 20 lb y en el caso de probetas sin nodo se registró las deformaciones mediante un defleómetro, a intervalos de 5lb.

Inmediatamente después de realizado el ensayo de cada probeta, de la parte no agrietada y cercana a la zona donde ha ocurrido la falla, se cortó una probeta de 2 cm de ancho aproximadamente por el alto de la probeta, luego de lo cual se procedió a pesarlas en ese estado (peso húmedo o verde); seguidamente fueron depositadas en la estufa a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta su deshidratación total, luego de lo cual nuevamente se las pesó (peso anhidro).

Todos los datos obtenidos se anotaron en el formato correspondiente del “Registro de Ensayos” diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM.

Los resultados obtenidos y el tratamiento de datos, para las probetas “1” son como se muestran a continuación (los resultados del resto de probetas, ver CD adjunto):

Tabla 23: Datos obtenidos de laboratorio. Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

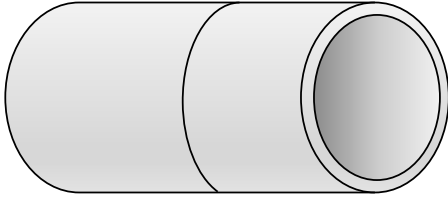
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA		DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA			
ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS CON NODO					
NOMBRE COMÚN: <u>Bambú</u>		N° DE XILOTECA: _____ N° DE ÁRBOL: _____			
NOMBRE CIENTIFICO: <u>Guadua angustifolia Kunth</u>		MUESTRAN°: <u>PROB. C.11</u>			
FAMILIA: <u>Poaceae</u>		PROCEDENCIA: <u>ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS</u>			
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO		CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)	CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)
CONDICIÓN					
SECA AL AIRE. <input type="checkbox"/>		1.- 20	84	43.- 860	386
SATURADA <input type="checkbox"/>		2.- 40	92	44.- 880	393
P': <u>1420 lb</u>		3.- 60	99	45.- 900	399
DURAMEN : _____ %		4.- 80	106	46.- 920	407
DIÁMETRO : <u>121.5 mm</u>		5.- 100	114	47.- 940	414
ESPESOR: <u>12.0 mm</u>		6.- 120	121	48.- 960	421
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD.		7.- 140	127	49.- 980	428
PESO INICIAL: <u>65.79 g</u>		8.- 160	135	50.- 1000	436
PESO SECO AL HORNO: <u>33.70 g</u>		9.- 180	142	51.- 1020	441
CONT. DE HUMEDAD: <u>95.22%</u>		10.- 200	150	52.- 1040	448
		11.- 220	157	53.- 1060	456
		12.- 240	165	54.- 1080	464
		13.- 260	171	55.- 1100	472
		14.- 280	179	56.- 1120	480
		15.- 300	186	57.- 1140	488
		16.- 320	193	58.- 1160	494
		17.- 340	200	59.- 1180	501
		18.- 360	208	60.- 1200	508
		19.- 380	215	61.- 1220	515
		20.- 400	223	62.- 1240	523
		21.- 420	230	63.- 1260	530
		22.- 440	238	64.- 1280	538
		23.- 460	245	65.- 1300	545
		24.- 480	252	66.- 1320	551
OBSERVACIONES : _____		25.- 500	258	67.- 1340	559
NORMA TECNICA COLOMBIANA N° 5525		26.- 520	266	68.- 1360	566
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 016		27.- 540	273	69.- 1380	573
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (MPa)		28.- 560	280	70.- 1400	579
ESF. DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORC.: <u>53.295</u>		29.- 580	286	71.- 1420	586
MÁXIMA REESISTENCIA A LA COPRESIÓN: <u>63.617</u>		30.- 600	292	72.- 1440	594
MÓDULO DE ELASTICIDAD: <u>13642.130</u>		31.- 620	299	73.- 1460	601
INFORMACION GENERAL:		32.- 640	306	74.- 1480	610
PROYECTO: <u>TESIS</u>		33.- 660	314	75.- 1500	619
EJECUTOR: <u>JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA</u>		34.- 680	321	76.- 1520	629
FECHA: <u>25/04/2018</u>		35.- 700	328	77.- 1540	641
		36.- 720	335	78.- 1560	655
		37.- 740	343	79.- 1580	671
		38.- 760	350	80.- 1600	684
		39.- 780	358	81.- 1620	695
		40.- 800	365	82.- 1640	707
		41.- 820	373	83.- 1660	716
		42.- 840	380	84.- 1695	728

Tabla 24: Diámetro, espesor, altura de probeta y contenido de humedad. Comp. Perpendicular a la Fibra Con Nudo- Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

DIMENSIONES			CONTENIDO DE HUMEDAD
D (mm)	t (mm)	H (mm)	(%)
121.50	12.00	150	95.22

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Datos procesados, Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nudo- Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth). (Lectura 1 – 35)

N° DE LECTURA	CARGA (lb)	DEFORM. TOTAL (µm)	CARGA (N)	DEFORM. TOTAL (mm)	ESFUERZO $\sigma_{ult} = \frac{3D_e F}{2Lt^2}$ (MPa)	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H}$ ($\frac{mm}{mm}$)
1	20	84	88.964	0.084	0.751	0.00056
2	40	92	177.929	0.092	1.501	0.00061
3	60	99	266.893	0.099	2.252	0.00066
4	80	106	355.858	0.106	3.003	0.00071
5	100	114	444.822	0.114	3.753	0.00076
6	120	121	533.787	0.121	4.504	0.00081
7	140	127	622.751	0.127	5.254	0.00085
8	160	135	711.715	0.135	6.005	0.00090
9	180	142	800.680	0.142	6.756	0.00095
10	200	150	889.644	0.150	7.506	0.00100
11	220	157	978.609	0.157	8.257	0.00105
12	240	165	1067.573	0.165	9.008	0.00110
13	260	171	1156.538	0.171	9.758	0.00114
14	280	179	1245.502	0.179	10.509	0.00119
15	300	186	1334.466	0.186	11.260	0.00124
16	320	193	1423.431	0.193	12.010	0.00129
17	340	200	1512.395	0.200	12.761	0.00133
18	360	208	1601.360	0.208	13.511	0.00139
19	380	215	1690.324	0.215	14.262	0.00143
20	400	223	1779.289	0.223	15.013	0.00149
21	420	230	1868.253	0.230	15.763	0.00153
22	440	238	1957.218	0.238	16.514	0.00159
23	460	245	2046.182	0.245	17.265	0.00163
24	480	252	2135.146	0.252	18.015	0.00168
25	500	258	2224.111	0.258	18.766	0.00172
26	520	266	2313.075	0.266	19.517	0.00177
27	540	273	2402.040	0.273	20.267	0.00182
28	560	280	2491.004	0.280	21.018	0.00187
29	580	286	2579.969	0.286	21.768	0.00191
30	600	292	2668.933	0.292	22.519	0.00195
31	620	299	2757.897	0.299	23.270	0.00199
32	640	306	2846.862	0.306	24.020	0.00204
33	660	314	2935.826	0.314	24.771	0.00209
34	680	321	3024.791	0.321	25.522	0.00214
35	700	328	3113.755	0.328	26.272	0.00219

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: (Continuación): Datos procesados, Comp. Perpendicular a la Fibra Con Nudo-
 Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth). (Lectura 36 – 84)

N° DE LECTURA	CARGA (lb)	DEFORM. TOTAL (μm)	CARGA (N)	DEFORM. TOTAL (mm)	ESFUERZO $\sigma_{ult} = \frac{3D_e F}{2Lt^2}$ (MPa)	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
36	720	335	3202.720	0.335	27.023	0.00223
37	740	343	3291.684	0.343	27.774	0.00229
38	760	350	3380.648	0.350	28.524	0.00233
39	780	358	3469.613	0.358	29.275	0.00239
40	800	365	3558.577	0.365	30.025	0.00243
41	820	373	3647.542	0.373	30.776	0.00249
42	840	380	3736.506	0.380	31.527	0.00253
43	860	386	3825.471	0.386	32.277	0.00257
44	880	393	3914.435	0.393	33.028	0.00262
45	900	399	4003.399	0.399	33.779	0.00266
46	920	407	4092.364	0.407	34.529	0.00271
47	940	414	4181.328	0.414	35.280	0.00276
48	960	421	4270.293	0.421	36.031	0.00281
49	980	428	4359.257	0.428	36.781	0.00285
50	1000	436	4448.222	0.436	37.532	0.00291
51	1020	441	4537.186	0.441	38.283	0.00294
52	1040	448	4626.150	0.448	39.033	0.00299
53	1060	456	4715.115	0.456	39.784	0.00304
54	1080	464	4804.079	0.464	40.534	0.00309
55	1100	472	4893.044	0.472	41.285	0.00315
56	1120	480	4982.008	0.480	42.036	0.00320
57	1140	488	5070.973	0.488	42.786	0.00325
58	1160	494	5159.937	0.494	43.537	0.00329
59	1180	501	5248.902	0.501	44.288	0.00334
60	1200	508	5337.866	0.508	45.038	0.00339
61	1220	515	5426.830	0.515	45.789	0.00343
62	1240	523	5515.795	0.523	46.540	0.00349
63	1260	530	5604.759	0.530	47.290	0.00353
64	1280	538	5693.724	0.538	48.041	0.00359
65	1300	545	5782.688	0.545	48.791	0.00363
66	1320	551	5871.653	0.551	49.542	0.00367
67	1340	559	5960.617	0.559	50.293	0.00373
68	1360	566	6049.581	0.566	51.043	0.00377
69	1380	573	6138.546	0.573	51.794	0.00382
70	1400	579	6227.510	0.579	52.545	0.00386
71	1420	586	6316.475	0.586	53.295	0.00391
72	1440	594	6405.439	0.594	54.046	0.00396
73	1460	601	6494.404	0.601	54.797	0.00401
74	1480	610	6583.368	0.610	55.547	0.00407
75	1500	619	6672.332	0.619	56.298	0.00413
76	1520	629	6761.297	0.629	57.048	0.00419
77	1540	641	6850.261	0.641	57.799	0.00427
78	1560	655	6939.226	0.655	58.550	0.00437
79	1580	671	7028.190	0.671	59.300	0.00447
80	1600	684	7117.155	0.684	60.051	0.00456
81	1620	695	7206.119	0.695	60.802	0.00463
82	1640	707	7295.083	0.707	61.552	0.00471
83	1660	716	7384.048	0.716	62.303	0.00477
84	1695	728	7539.736	0.728	63.617	0.00485

Fuente: Elaboración propia.

**DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA
COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA (con nodo)
(Probeta C \perp 1 - *Guadua angustifolia* Kunth)**

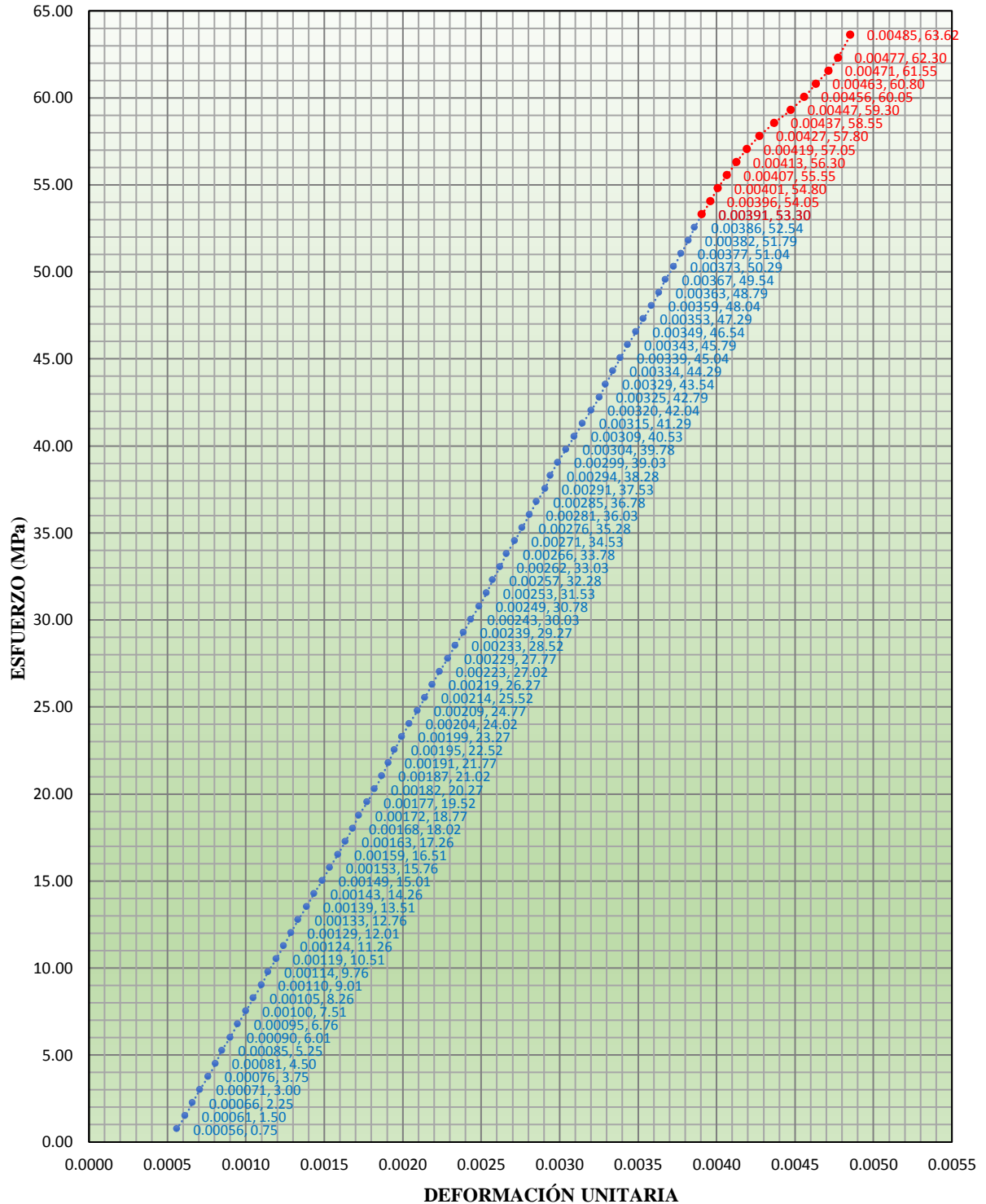


Figura 8. Dispersograma, Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nodo- Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia.)

LÍNEAS DE TENDENCIAS
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs DEFORM. UNITARIA
COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA (con nodo)
(Probeta C ⊥ 1 - *Guadua angustifolia* Kunth)

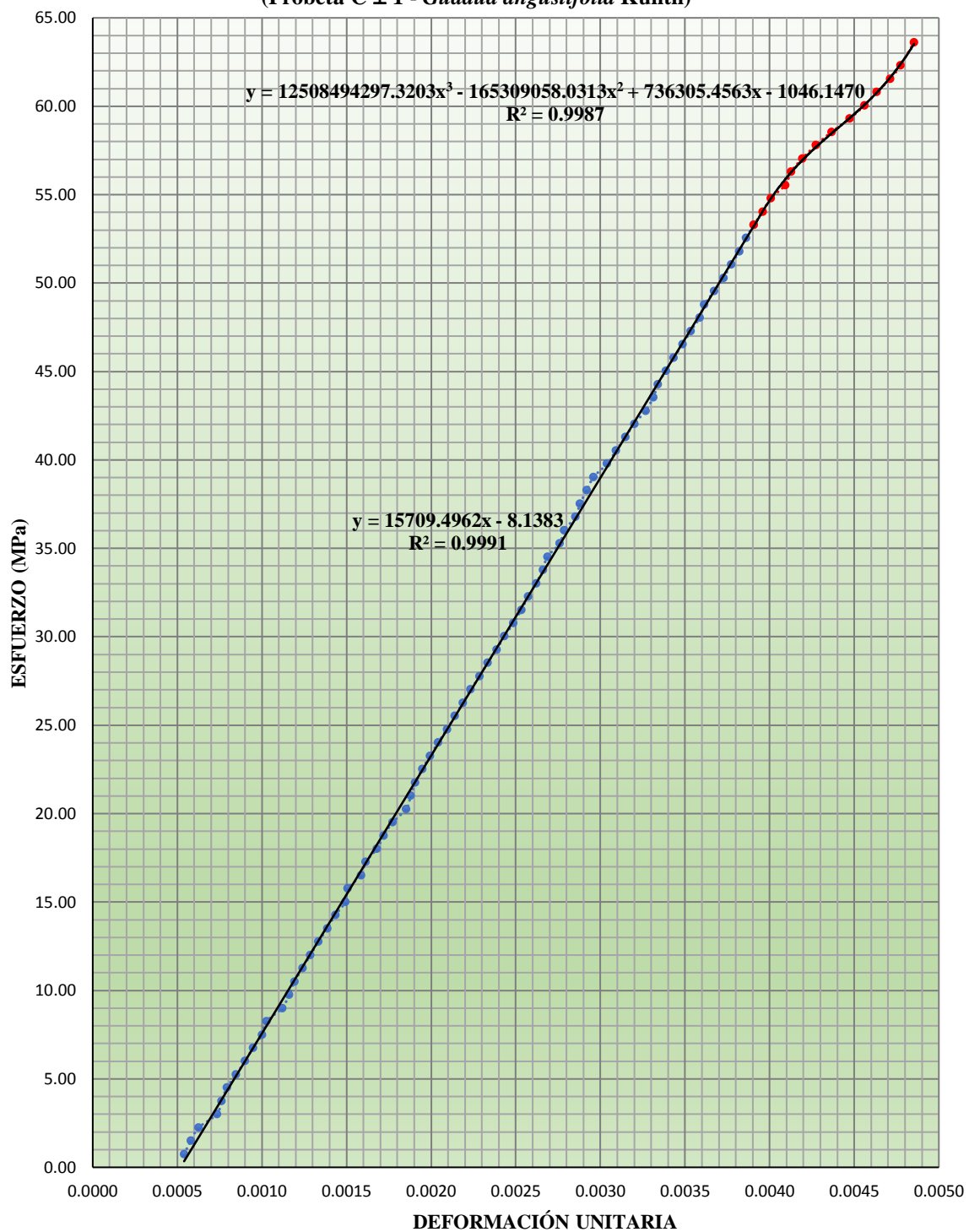


Figura 9. Ajuste, Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia.)

La función ajustada que domina el comportamiento elástico será:			
$Y = 15720.6090x$			
La función ajustada que domina el comportamiento plástico será:			
$Y = 13756749344.844x^3 - 160252075.5840x^2 + 630079.374x - 776.9857813$			
El punto de transición entre el tramo elástico y el tramo plástico de la curva está dada por:			
$(x,y) = (0.00339, 53.32286)$			

TABULACIÓN

N	X	Y
1	0.00000	0.00000
2	0.00034	5.33229
3	0.00068	10.66457
4	0.00102	15.99686
5	0.00136	21.32915
6	0.00170	26.66143
7	0.00204	31.99372
8	0.00237	37.32600
9	0.00271	42.65829
10	0.00305	47.99058
11	0.00339	53.32286
12	0.00346	54.51632
13	0.00354	55.52632
14	0.00361	56.38485
15	0.00368	57.12388
16	0.00376	57.77541
17	0.00383	58.37141
18	0.00390	58.94387
19	0.00398	59.52478
20	0.00405	60.14612
21	0.00412	60.83986
22	0.00419	61.63800
23	0.00427	62.57253
24	0.00434	63.67541
25	0.00441	64.97865
26	0.00449	66.51421
27	0.00456	68.31409
28	0.00463	70.41027
29	0.00470	72.83473
30	0.00478	75.61946
31	0.00485	78.79644

**COMPORTAMIENTO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA**

Compresión Perpendicular a la Fibra
(PROB. C11; *Guadua angustifolia* Kunth)

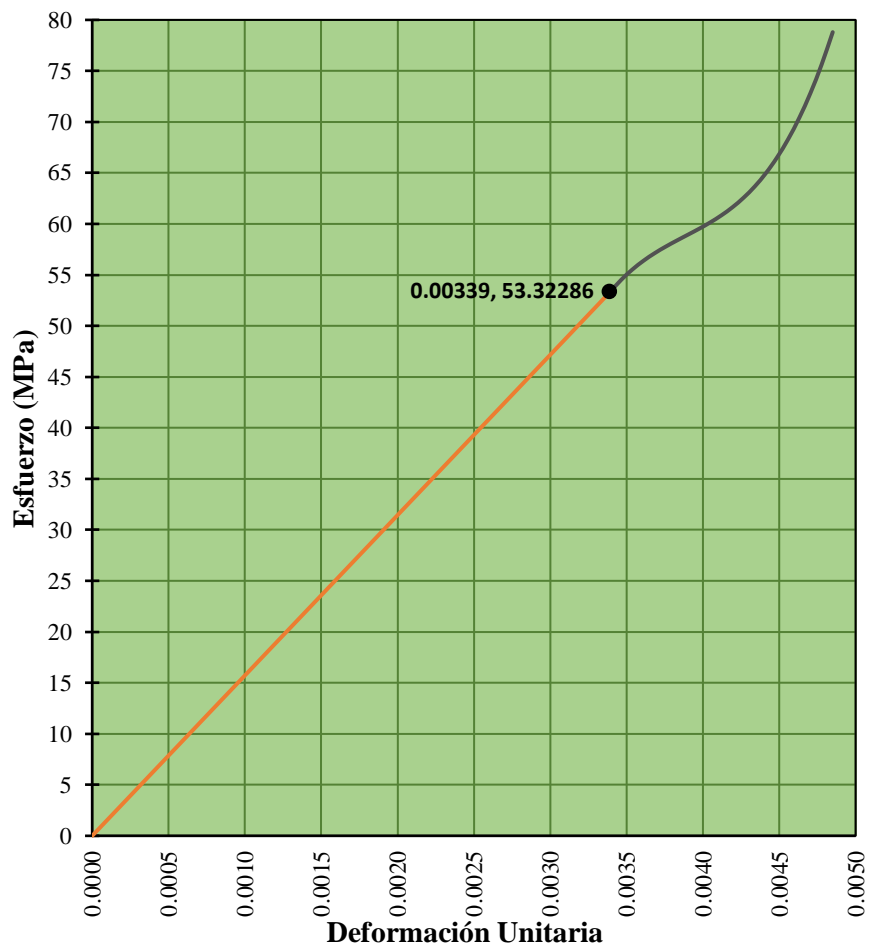


Figura 10. Comportamiento, Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nodo - Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth)

(Fuente: Elaboración propia.)

Tabla 27: Datos obtenidos de laboratorio. Comp. Perpendicular a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA		DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA			
ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS SIN NODO					
NOMBRE COMÚN: <u>Bambú</u>		N° DE XILOTECA: _____ N° DE ÁRBOL: _____			
NOMBRE CIENTÍFICO: <u>Guadua angustifolia Kunth</u>		MUESTRAN°: <u>PROB. C.11</u>			
FAMILIA: <u>Poaceae</u>		PROCEDENCIA: <u>ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS</u>			
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO		CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)	CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)
CONDICIÓN					
SECA AL AIRE. <input type="checkbox"/>		1.- 5	24	41.- 210	570
SATURADA <input type="checkbox"/>		2.- 10	37	42.-	
P': <u>165 lb</u>		3.- 15	50	43.-	
DURAMEN: _____ %		4.- 20	63	44.-	
DÍAMETRO: <u>122.0 mm</u>		5.- 25	75	45.-	
ESPESOR: <u>10.5 mm</u>		6.- 30	86	46.-	
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD.		7.- 35	99	47.-	
PESO INICIAL: <u>61.92 g</u>		8.- 40	114	48.-	
PESO SECO AL HORNO: <u>29.76 g</u>		9.- 45	124	49.-	
CONT. DE HUMEDAD: <u>108.06%</u>		10.- 50	139	50.-	
		11.- 55	151	51.-	
		12.- 60	163	52.-	
		13.- 65	177	53.-	
		14.- 70	190	54.-	
		15.- 75	201	55.-	
		16.- 80	215	56.-	
		17.- 85	227	57.-	
		18.- 90	240	58.-	
		19.- 95	253	59.-	
		20.- 100	266	60.-	
OBSERVACIONES: _____		21.- 105	279	61.-	
NORMA TECNICA COLOMBIANA N° 5525		22.- 110	293	62.-	
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 016		23.- 115	305	63.-	
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (MPa)		24.- 120	318	64.-	
ESF. DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORC.: <u>8.122</u>		25.- 125	332	65.-	
MÁXIMA REESISTENCIA A LA COPRESIÓN: <u>10.337</u>		26.- 130	343	66.-	
MÓDULO DE ELASTICIDAD: <u>2807.069</u>		27.- 135	357	67.-	
INFORMACION GENERAL		28.- 140	372	68.-	
PROYECTO: <u>TESIS</u>		29.- 145	384	69.-	
EJECUTOR: <u>JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA</u>		30.- 150	397	70.-	
FECHA: <u>25/04/2018</u>		31.- 155	410	71.-	
		32.- 160	422	72.-	
		33.- 165	434	73.-	
		34.- 170	446	74.-	
		35.- 175	462	75.-	
		36.- 180	479	76.-	
		37.- 185	497	77.-	
		38.- 190	514	78.-	
		39.- 195	532	79.-	
		40.- 200	550	80.-	

Tabla 28: Diámetro, espesor, altura de probeta y contenido de humedad. Comp. Perpendicular a la Fibra Sin Nudo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth)

DIMENSIONES			CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
D (mm)	t (mm)	H (mm)	
122.00	10.50	150	108.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: Datos procesados, Comp. Perpendicular a la Fibra Sin Nudo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

N° DE LECTURA	CARGA (lb)	DEFORM. TOTAL (μm)	CARGA (N)	DEFORM. TOTAL (mm)	ESFUERZO $\sigma_{ult} = \frac{3D_e F}{2Lt^2}$ (MPa)	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	5	24	22.241	0.024	0.246	0.00016
2	10	37	44.482	0.037	0.492	0.00025
3	15	50	66.723	0.050	0.738	0.00033
4	20	63	88.964	0.063	0.984	0.00042
5	25	75	111.206	0.075	1.231	0.00050
6	30	86	133.447	0.086	1.477	0.00057
7	35	99	155.688	0.099	1.723	0.00066
8	40	114	177.929	0.114	1.969	0.00076
9	45	124	200.170	0.124	2.215	0.00083
10	50	139	222.411	0.139	2.461	0.00093
11	55	151	244.652	0.151	2.707	0.00101
12	60	163	266.893	0.163	2.953	0.00109
13	65	177	289.134	0.177	3.199	0.00118
14	70	190	311.376	0.190	3.446	0.00127
15	75	201	333.617	0.201	3.692	0.00134
16	80	215	355.858	0.215	3.938	0.00143
17	85	227	378.099	0.227	4.184	0.00151
18	90	240	400.340	0.240	4.430	0.00160
19	95	253	422.581	0.253	4.676	0.00169
20	100	266	444.822	0.266	4.922	0.00177
21	105	279	467.063	0.279	5.168	0.00186
22	110	293	489.304	0.293	5.415	0.00195
23	115	305	511.545	0.305	5.661	0.00203
24	120	318	533.787	0.318	5.907	0.00212
25	125	332	556.028	0.332	6.153	0.00221
26	130	343	578.269	0.343	6.399	0.00229
27	135	357	600.510	0.357	6.645	0.00238
28	140	372	622.751	0.372	6.891	0.00248
29	145	384	644.992	0.384	7.137	0.00256
30	150	397	667.233	0.397	7.383	0.00265
31	155	410	689.474	0.410	7.630	0.00273
32	160	422	711.715	0.422	7.876	0.00281
33	165	434	733.957	0.434	8.122	0.00289
34	170	446	756.198	0.446	8.368	0.00297
35	175	462	778.439	0.462	8.614	0.00308
36	180	479	800.680	0.479	8.860	0.00319
37	185	497	822.921	0.497	9.106	0.00331
38	190	514	845.162	0.514	9.352	0.00343
39	195	532	867.403	0.532	9.598	0.00355
40	200	550	889.644	0.550	9.845	0.00367
41	210	570	934.127	0.570	10.337	0.00380

Fuente: Elaboración propia.

**DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA
COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA (sin nodo)
(Probeta C \perp 1 - *Guadua angustifolia* Kunth)**

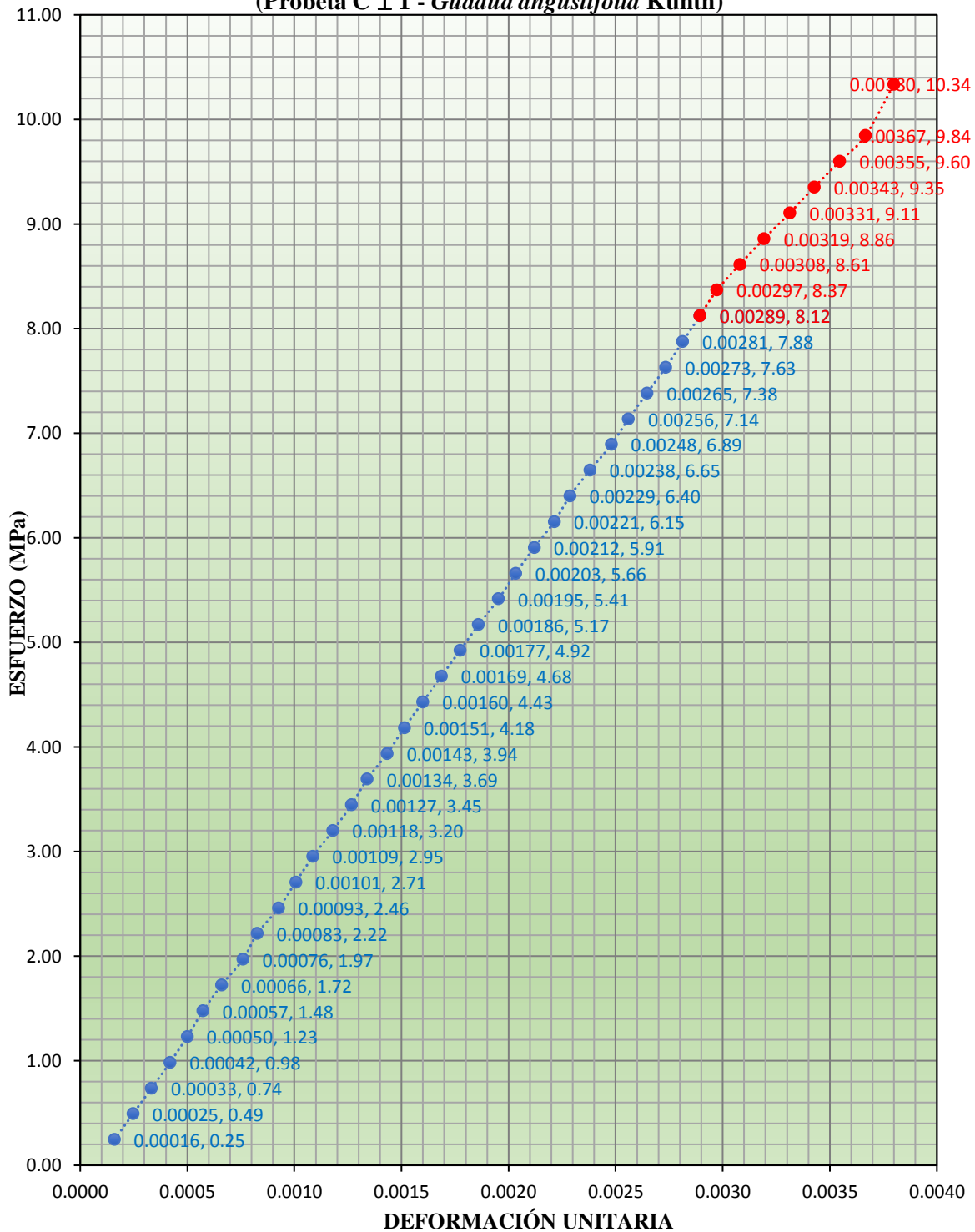


Figura 11. Dispersograma, Compresión Perpendicular a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia.)

LÍNEAS DE TENDENCIAS
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA
COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA (sin nodo)
(Probeta C ⊥ 1 - *Guadua angustifolia* Kunth)

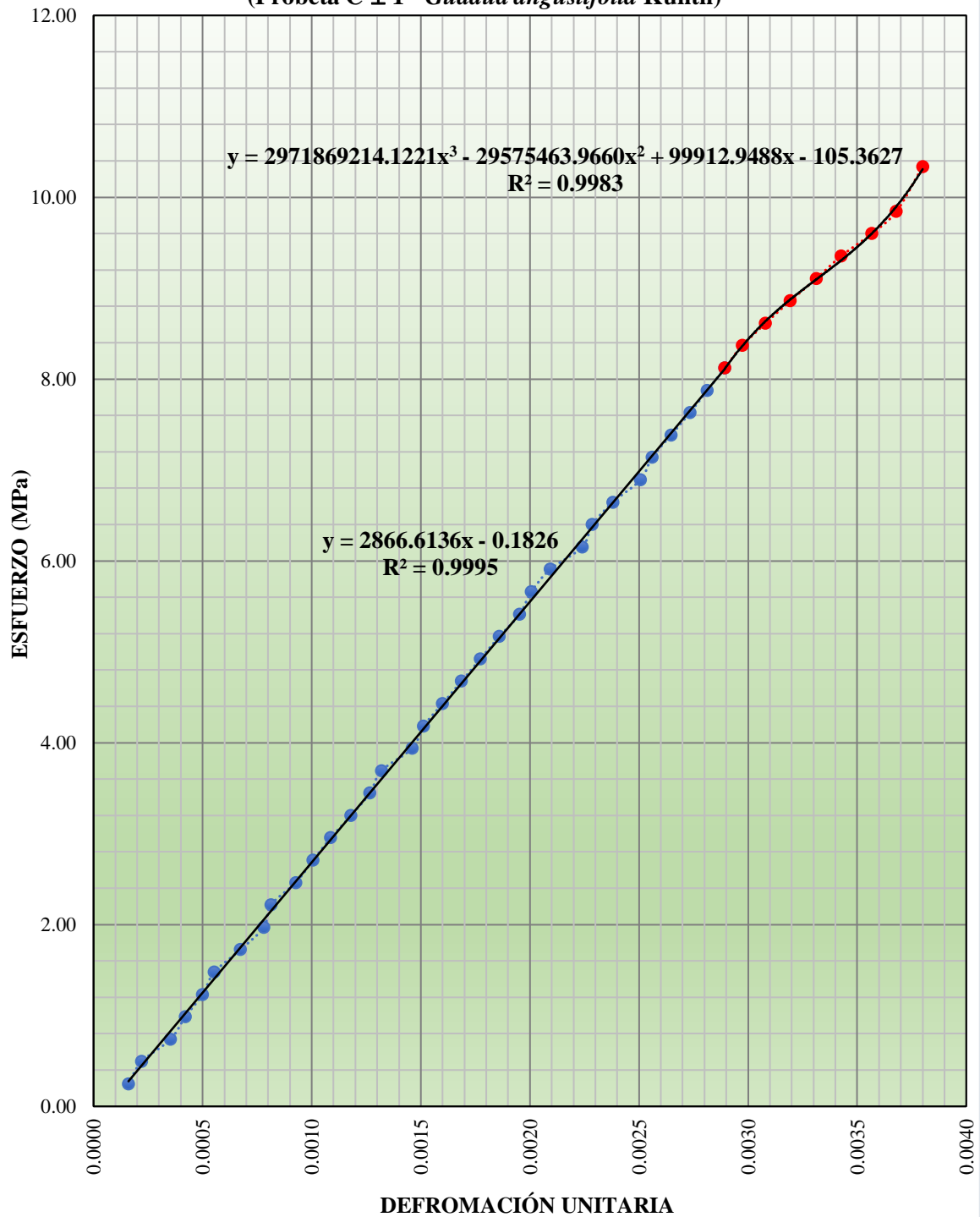


Figura 12. Ajuste, Compresión Perpendicular a la Fibra Sin Nodo – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia.)

La función ajustada que domina el comportamiento elástico será:	
$Y = 2871.1434x$	
La función ajustada que domina el comportamiento plástico será:	
$Y = 2442586334.8740x^3 - 23793004.8896x^2 + 79169.7813x - 80.72712$	
El punto de transición entre el tramo elástico y el tramo plástico de la curva está dada por:	
$(x,y) = (0.00285, 8.09346)$	

TABULACIÓN

N	X	Y
1	0.00000	0.00000
2	0.00028	0.81796
3	0.00057	1.63592
4	0.00085	2.45388
5	0.00114	3.27184
6	0.00142	4.08980
7	0.00171	4.90776
8	0.00199	5.72572
9	0.00228	6.54368
10	0.00256	7.36164
11	0.00285	8.09346
12	0.00290	8.32836
13	0.00294	8.45668
14	0.00299	8.57496
15	0.00304	8.68477
16	0.00309	8.78769
17	0.00313	8.88531
18	0.00318	8.97918
19	0.00323	9.07089
20	0.00328	9.16202
21	0.00332	9.25414
22	0.00337	9.34883
23	0.00342	9.44767
24	0.00347	9.55222
25	0.00351	9.66407
26	0.00356	9.78479
27	0.00361	9.91596
28	0.00366	10.05916
29	0.00370	10.21596
30	0.00375	10.38793
31	0.00380	10.57666

**COMPORTAMIENTO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA**

Compresión Perpendicular a la Fibra
(PROB. C⊥1; *Guadua angustifolia* Kunth)

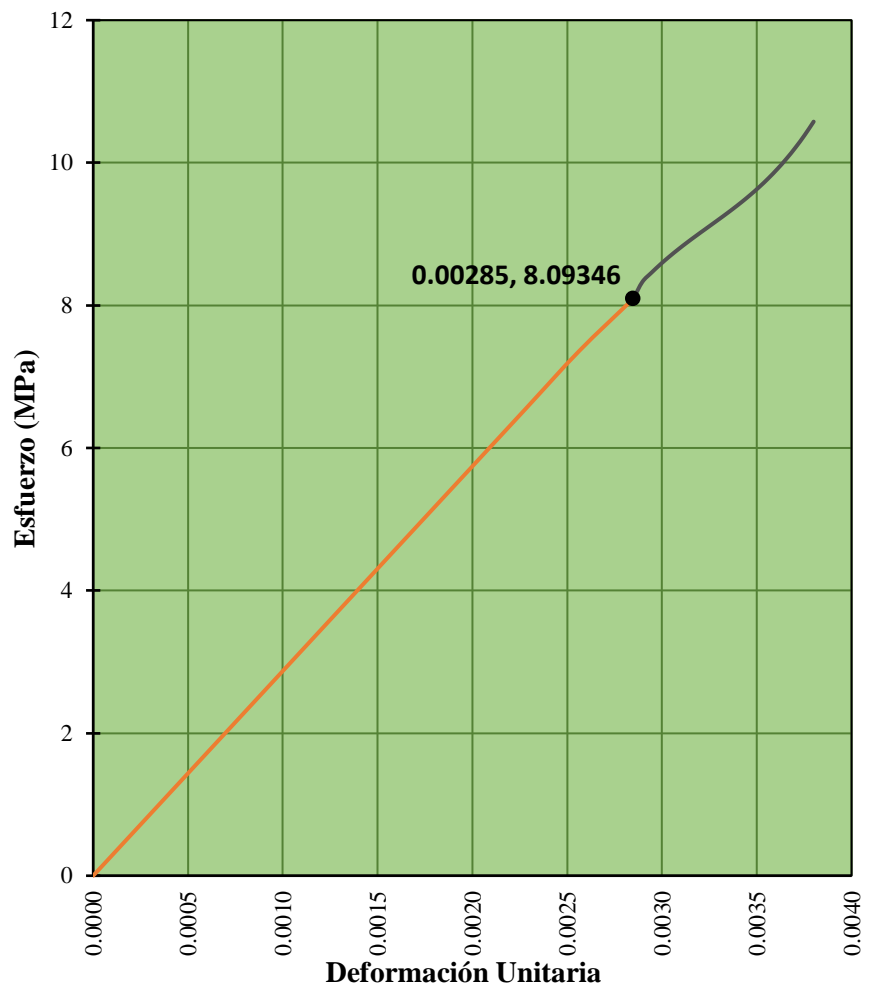


Figura 13. Comportamiento, Comp. Perpendicular a la Fibra Sin Nudo- Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia.)

2.5.2.3. Flexión estática

Se realizó este ensayo conforme a la NTC - 5525, contando con las probetas necesarias y luego de preparar e instrumentar la maquina universal se procedió a realizar el ensayo correspondiente.

Previo a todo se tomaron las dimensiones a las probetas (diámetro “a1 y a2”, espesor “e1 y e2” y largo de la probeta).

Una vez instalada la muestra correctamente en la máquina universal a manera de una viga simplemente apoyada, y partiendo desde cero se le aplicó de manera continua una carga concentrada y ascendente en su parte central con una velocidad constante de la cruceta móvil de la prensa de 2.5 mm/min, hasta la rotura. Simultáneamente se registró la falla que sufrió la probeta en el punto de aplicación de la carga durante el ensayo mediante un defleómetro; a intervalos de carga de 40 lb.

Inmediatamente después de realizado el ensayo de cada probeta, de la parte no agrietada y cercana a la zona donde ha ocurrido la falla, se cortó una probeta de 2 cm de ancho aproximadamente, luego de lo cual se procedió a pesarlas en ese estado (peso húmedo o verde); seguidamente fueron depositadas en la estufa a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta su deshidratación total, luego de lo cual nuevamente se las pesó (peso anhidro).

Todos los datos obtenidos se anotaron en el formato correspondiente del “Registro de Ensayos” diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM.

Los resultados obtenidos y el tratamiento de datos, para las probetas “1” son como se muestran a continuación (los resultados del resto de probetas, ver CD adjunto):

Tabla 30: Datos obtenidos de laboratorio. Flexión Estática - Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

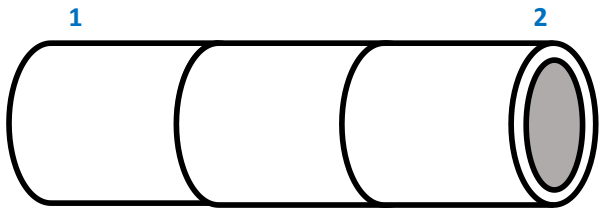
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA		DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA-MECÁNICAS DE LA MADERA					
ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA							
NOMBRE COMUN: <u>Bambú</u>		N° DE XILOTECA: _____ N° DE ÁRBOL: _____					
NOMBRE CIENTIFICO: <u>Guadua angustifolia Kunth</u>		MUESTRA N°: <u>F-1</u>					
FAMILIA: <u>Poaceae</u>		PROCEDENCIA: <u>ARAMANGO - BAGUA - AMAZONAS</u>					
DATOS PARA EL CENTRO DE CÓMPUTO.		CONDICIÓN		CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)	CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)
LUZ: <u>76.00</u> cm		SECA AL AIRE: <input type="checkbox"/>		1.- <u>40</u>	<u>20</u>	41.- <u>1640</u>	<u>1261</u>
P: <u>1830.00</u> lb		SATURADA: <input type="checkbox"/>		2.- <u>80</u>	<u>50</u>	42.- <u>1680</u>	<u>1310</u>
P': <u>1240.00</u> lb		DURAMEN: _____ %.		3.- <u>120</u>	<u>80</u>	43.- <u>1720</u>	<u>1360</u>
Y: _____ mm		DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD.		4.- <u>160</u>	<u>110</u>	44.- <u>1760</u>	<u>1420</u>
DIAMETRO 1: <u>100.5</u> mm		PESO INICIAL: <u>27.54</u> g		5.- <u>200</u>	<u>138</u>	45.- <u>1830</u>	<u>1550</u>
DIAMETRO 2: <u>95.0</u> mm		PESO SECO AL HORNO: <u>13.45</u> g		6.- <u>240</u>	<u>164</u>	46.- _____	_____
ESPESOR 1: <u>8.0</u> mm		VOLUMEN: _____		7.- <u>280</u>	<u>192</u>	47.- _____	_____
ESPESOR 2: <u>8.0</u> mm		CONT. HUMEDAD: <u>104.76%</u>		8.- <u>320</u>	<u>220</u>	48.- _____	_____
				9.- <u>360</u>	<u>250</u>	49.- _____	_____
				10.- <u>400</u>	<u>279</u>	50.- _____	_____
				11.- <u>440</u>	<u>309</u>	51.- _____	_____
				12.- <u>480</u>	<u>336</u>	52.- _____	_____
				13.- <u>520</u>	<u>366</u>	53.- _____	_____
				14.- <u>560</u>	<u>395</u>	54.- _____	_____
				15.- <u>600</u>	<u>422</u>	55.- _____	_____
				16.- <u>640</u>	<u>453</u>	56.- _____	_____
				17.- <u>680</u>	<u>479</u>	57.- _____	_____
				18.- <u>720</u>	<u>510</u>	58.- _____	_____
				19.- <u>760</u>	<u>536</u>	59.- _____	_____
				20.- <u>800</u>	<u>567</u>	60.- _____	_____
				21.- <u>840</u>	<u>596</u>	61.- _____	_____
				22.- <u>880</u>	<u>626</u>	62.- _____	_____
				23.- <u>920</u>	<u>654</u>	63.- _____	_____
				24.- <u>960</u>	<u>679</u>	64.- _____	_____
				25.- <u>1000</u>	<u>709</u>	65.- _____	_____
				26.- <u>1040</u>	<u>735</u>	66.- _____	_____
				27.- <u>1080</u>	<u>765</u>	67.- _____	_____
				28.- <u>1120</u>	<u>791</u>	68.- _____	_____
29.- <u>1160</u>	<u>819</u>	69.- _____	_____				
30.- <u>1200</u>	<u>851</u>	70.- _____	_____				
31.- <u>1240</u>	<u>880</u>	71.- _____	_____				
32.- <u>1280</u>	<u>914</u>	72.- _____	_____				
33.- <u>1320</u>	<u>944</u>	73.- _____	_____				
34.- <u>1360</u>	<u>979</u>	74.- _____	_____				
35.- <u>1400</u>	<u>1016</u>	75.- _____	_____				
36.- <u>1440</u>	<u>1050</u>	76.- _____	_____				
37.- <u>1480</u>	<u>1093</u>	77.- _____	_____				
38.- <u>1520</u>	<u>1132</u>	78.- _____	_____				
39.- <u>1560</u>	<u>1174</u>	79.- _____	_____				
40.- <u>1600</u>	<u>1215</u>	80.- _____	_____				
OBSERVACIONES: _____							
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA N° 5525							
NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 017.							
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (MPa)							
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LIMITE PROPORCIONAL : <u>11.133</u>							
MAXIMA RESISTENCIA A LA COMPRESION : <u>16.430</u>							
MODULO DE ELASTICIDAD : <u>9614.595</u>							
INFORMACION GENERAL:							
PROYECTO: <u>TESIS</u>							
EJECUTOR: <u>JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA</u>							
FECHA: <u>24/04/2018</u>							

Tabla 31: Diámetro, espesor, longitud, área promedio, inercia y contenido de humedad. Flexión Estática – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

DIMENSIONES						
D1 (mm)	t1 (mm)	D2 (mm)	t2 (mm)	D prom (mm)	t prom (mm)	L (mm)
99.00	10.50	101.00	12.00	100.00	11.25	760
		ÁREA (mm ²)	INERCIA (mm ⁴)	CONT. DE HUM. (%)		
		3136.684	3137909.182	104.76		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Datos procesados, Flexión Estática – Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth). (Lectura 1 – 20)

Nº DE LECTURA	CARGA (lb)	DEFORM. TOTAL (μ m)	CARGA (N)	DEFORM. TOTAL (mm)	ESFUERZO $\sigma_{ult} = \frac{F \cdot L \cdot D/2}{6I_B}$ (MPa)	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H}$ ($\frac{mm}{mm}$)
1	40	20	177.929	0.020	0.359	0.00003
2	80	56	355.858	0.056	0.718	0.00007
3	120	84	533.787	0.084	1.077	0.00011
4	160	113	711.715	0.113	1.436	0.00015
5	200	138	889.644	0.138	1.796	0.00018
6	240	164	1067.573	0.164	2.155	0.00022
7	280	192	1245.502	0.192	2.514	0.00025
8	320	218	1423.431	0.218	2.873	0.00029
9	360	247	1601.360	0.247	3.232	0.00033
10	400	274	1779.289	0.274	3.591	0.00036
11	440	304	1957.218	0.304	3.950	0.00040
12	480	330	2135.146	0.330	4.309	0.00043
13	520	360	2313.075	0.360	4.669	0.00047
14	560	390	2491.004	0.390	5.028	0.00051
15	600	416	2668.933	0.416	5.387	0.00055
16	640	446	2846.862	0.446	5.746	0.00059
17	680	474	3024.791	0.474	6.105	0.00062
18	720	501	3202.720	0.501	6.464	0.00066
19	760	529	3380.648	0.529	6.823	0.00070
20	800	556	3558.577	0.556	7.182	0.00073

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: (Continuación) Datos procesados, Flexión Estática- Probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth). (Lectura 21 – 45)

N° DE LECTURA	CARGA (<i>lb</i>)	DEFORM. TOTAL (μm)	CARGA (<i>N</i>)	DEFORM. TOTAL (<i>mm</i>)	ESFUERZO $\sigma_{ult} = \frac{F \cdot L \cdot D/2}{6I_B}$ (<i>MPa</i>)	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H}$ ($\frac{mm}{mm}$)
21	840	585	3736.506	0.585	7.541	0.00077
22	880	613	3914.435	0.613	7.901	0.00081
23	920	640	4092.364	0.640	8.260	0.00084
24	960	670	4270.293	0.670	8.619	0.00088
25	1000	697	4448.222	0.697	8.978	0.00092
26	1040	724	4626.150	0.724	9.337	0.00095
27	1080	755	4804.079	0.755	9.696	0.00099
28	1120	783	4982.008	0.783	10.055	0.00103
29	1160	814	5159.937	0.814	10.414	0.00107
30	1200	849	5337.866	0.849	10.774	0.00112
31	1240	886	5515.795	0.886	11.133	0.00117
32	1280	921	5693.724	0.921	11.492	0.00121
33	1320	954	5871.653	0.954	11.851	0.00126
34	1360	989	6049.581	0.989	12.210	0.00130
35	1400	1022	6227.510	1.022	12.569	0.00134
36	1440	1058	6405.439	1.058	12.928	0.00139
37	1480	1095	6583.368	1.095	13.287	0.00144
38	1520	1132	6761.297	1.132	13.647	0.00149
39	1560	1174	6939.226	1.174	14.006	0.00154
40	1600	1211	7117.155	1.211	14.365	0.00159
41	1640	1259	7295.083	1.259	14.724	0.00166
42	1680	1298	7473.012	1.298	15.083	0.00171
43	1720	1345	7650.941	1.345	15.442	0.00177
44	1760	1391	7828.870	1.391	15.801	0.00183
45	1830	1550	8140.246	1.550	16.430	0.00204

Fuente: Elaboración propia.

**DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA
FLEXIÓN ESTÁTICA
(Probeta F 1 / *Guadua angustifolia* Kunth)**

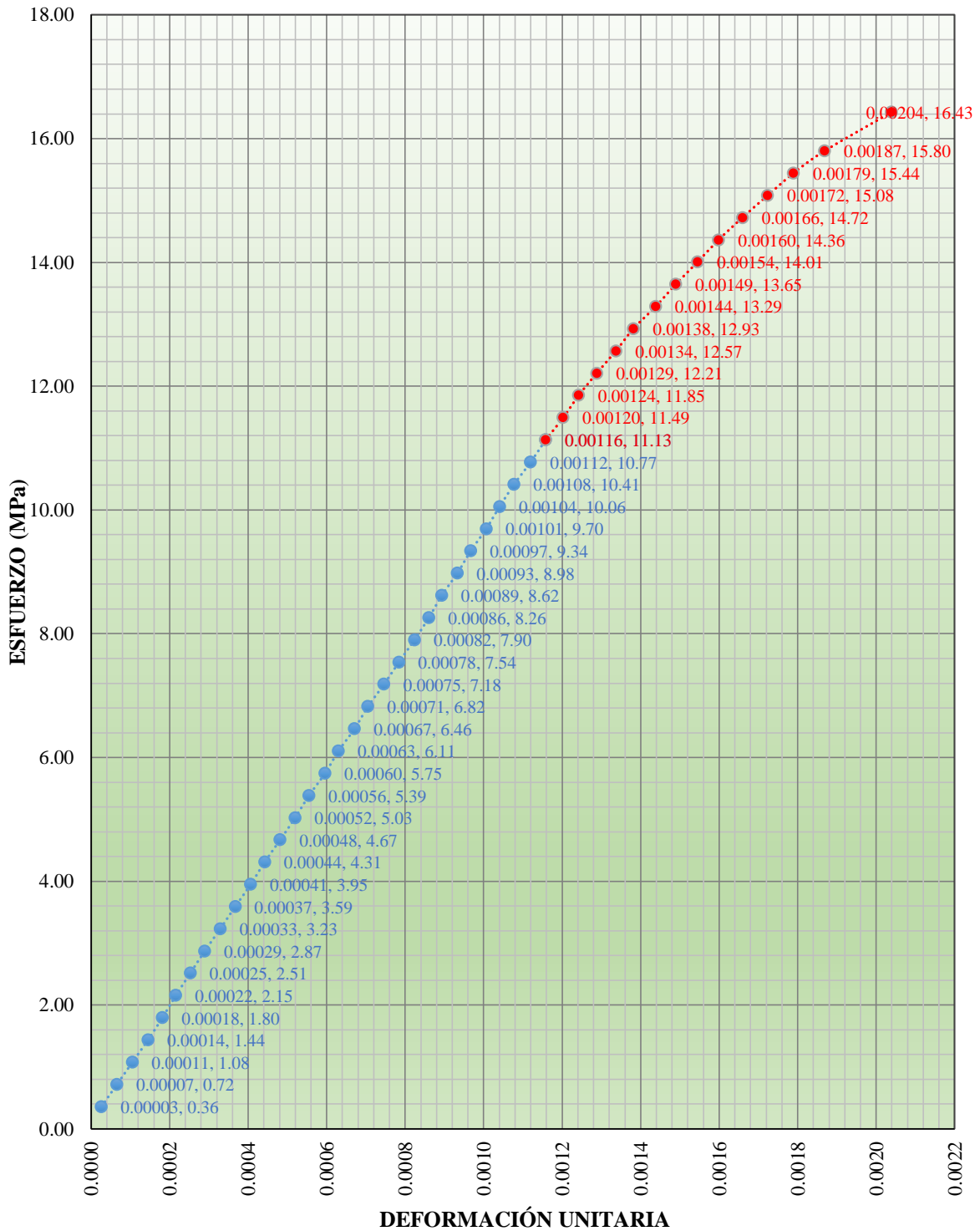


Figura 14. Dispersograma, Flexión Estática – probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

(Fuente: Elaboración propia)

LÍNEAS DE TENDENCIAS
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA
FLEXIÓN ESTÁTICA
(Probeta F 1 - *Guadua angustifolia* Kunth)

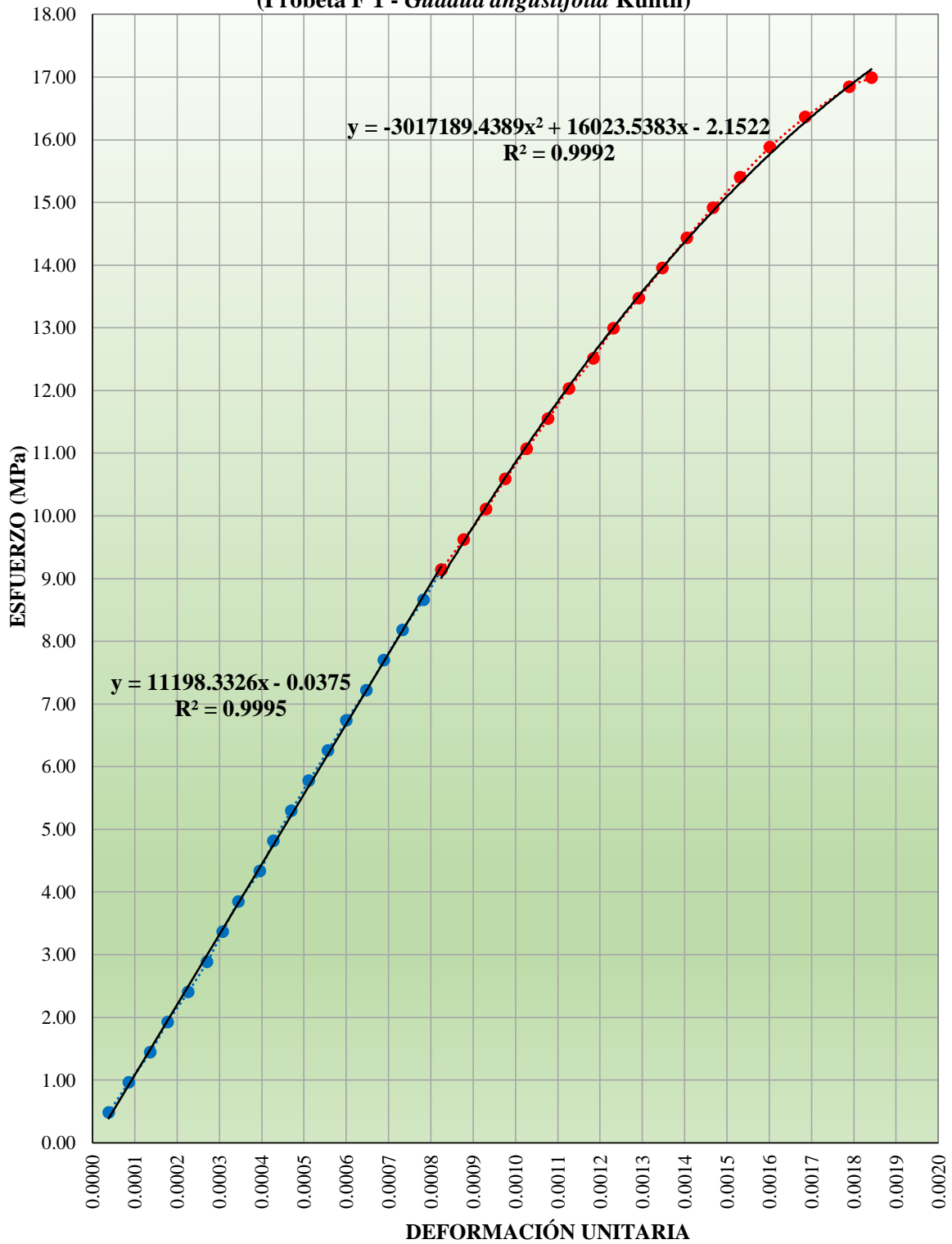


Figura 15. Ajuste, Flexión Estática – probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

Fuente: Elaboración propia

La función ajustada que domina el comportamiento elástico será:	
$Y = 79452.0365x$	
La función ajustada que domina el comportamiento plástico será:	
$Y = -49385720.27x^2 + 332056.92x - 322.0913$	
El punto de transición entre el tramo elástico y el tramo plástico de la curva está dada por:	
$(x,y) = (0.00269, 214.05976)$	
El punto de rotura o colapso de la probeta está dada por :	
$V = (0.00336, 236.07513)$	

TABULACIÓN

N	X	Y
1	0.00000	0.00000
2	0.00012	1.10046
3	0.00023	2.20091
4	0.00035	3.30137
5	0.00046	4.40183
6	0.00058	5.50229
7	0.00069	6.60274
8	0.00081	7.70320
9	0.00092	8.80366
10	0.00104	9.90412
11	0.00115	11.00457
12	0.00123	11.63378
13	0.00130	12.23071
14	0.00137	12.79538
15	0.00145	13.32779
16	0.00152	13.82793
17	0.00160	14.29580
18	0.00167	14.73140
19	0.00174	15.13474
20	0.00182	15.50581
21	0.00189	15.84461
22	0.00197	16.15115
23	0.00204	16.42541
24	0.00211	16.66742
25	0.00219	16.87715
26	0.00226	17.05462
27	0.00233	17.19982
28	0.00241	17.31276
29	0.00248	17.39342
30	0.00256	17.44182
31	0.00263	17.45796

**COMPORTAMIENTO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA
Flexión Estática
(Probeta F-1; *Guadua angustifolia* Kunth)**

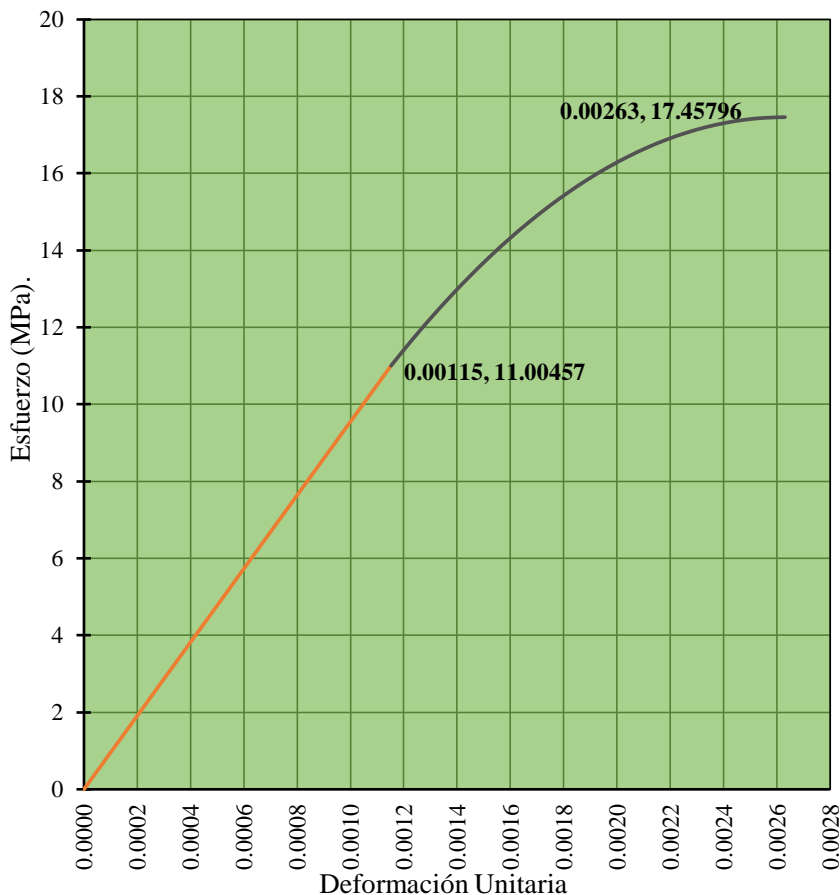


Figura 16. Ajuste, Flexión Estática – probeta 1 (*Guadua angustifolia* Kunth).

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.4. Tracción paralela a la fibra

Se procedió conforme la NTC - 5525, contando con las probetas necesarias y luego de preparar e instrumentar la máquina universal se procedió a realizar el ensayo correspondiente.

Previamente se tomaron las dimensiones de las probetas en su sección rectangular (longitud del collarín, ancho del collarín, espesor del collarín y longitud total de la probeta) con ayuda de un vernier; con la finalidad de determinar su área promedio.

Una vez instalada la muestra correctamente en la máquina universal y partiendo desde cero se le aplicó de manera controlada y continua una carga traccionante paralela a la fibra, hasta su punto de rotura. Aclaremos que en este tipo de ensayo solamente se registraron las cargas máximas aplicadas, hasta el momento que ocurra la falla.

Una vez finalizado el ensayo mecánico, se cortó una porción de cada una de las probetas, se las pesó (peso húmedo), luego se las depositó en la estufa a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta su deshidratación total; luego de lo cual nuevamente se las peso (peso anhidro).

Todos los datos obtenidos se anotaron en el formato correspondiente del “Registro de Ensayos” diseñado para la presente tesis, el tratamiento de datos, para las probetas “1” son como se muestran a continuación (los resultados del resto de probetas, ver CD adjunto):

Tabla 34: Datos obtenidos de laboratorio. Tracción Paralela a la Fibra (*Guadua angustifolia* Kunth).

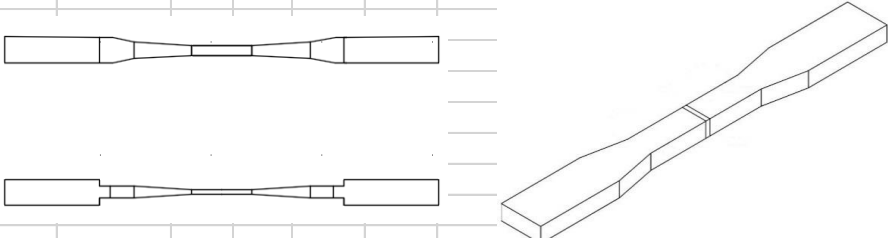
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA										DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES. LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA														
ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA A LAS FIBRAS																								
NOMBRE COMÚN: <u>Bambú</u>										N° DE XILOTECA:					N° DE ÁRBOL:					NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525				
NOMBRE CIENTÍFICO: <u>Guadua angustifolia Kunth</u>										PROCEDENCIA: <u>ARAMANGO - BAGUA - AMAZONANAS</u>					PROYECTO: <u>TESIS</u>									
FAMILIA: <u>Poaceae</u>										CONDICIÓN:					FECHA: <u>28/04/2018</u>		EJECUTOR: <u>JAMER PÉREZ - ERICSON QUINTANA</u>							
PROB N°	DATOS DE CÓMPUTO									RESULTADO		PROB N°	DATOS DE CÓMPUTO									RESULTADO		
	LUZ (mm)	ANCHO (mm)	ESP. (mm)	CARGA MÁX. P (lb)	TIEMPO FALLA (s)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	C.H. (%)	RESIST. A TRACCIÓN (MPa)	LUZ (mm)	ANCHO (mm)		ESP. (mm)	CARGA MÁX. P (lb)	TIEMPO FALLA (s)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	C.H. (%)	RESIST. A TRACCIÓN (MPa)					
TR//1	65.0	9.0	13.0	1400	90.00	4.3	2.47	75.71%	53.227	TR//11	75.0	12.0	11.0	1450	73.91	7.7	4.41	74.60%	48.863					
TR//2	80.0	9.0	11.0	846	49.10	3.1	1.71	83.63%	38.012	TR//12	75.0	9.0	11.0	1188	62.44	6.43	3.21	100.31%	53.379					
TR//3	80.0	11.0	10.0	908	42.79	6.3	3.51	80.63%	36.718	TR//13	75.0	10.0	10.0	534	35.07	6.9	3.28	110.37%	23.754					
TR//4	71.0	10.0	11.0	1226	59.93	4.4	2.28	92.54%	49.577	TR//14	80.0	10.0	12.0	1328	58.39	7.01	3.63	93.11%	49.227					
TR//5	73.0	11.0	11.0	1440	72.25	6.3	3.32	88.25%	52.938	TR//15	80.0	11.0	11.0	430	32.30	4.74	2.15	120.47%	15.808					
TR//6	88.0	10.0	12.0	1472	53.73	7.4	3.87	90.44%	54.565	TR//16	77.0	10.0	10.0	1212	61.77	6.05	3.28	84.45%	53.912					
TR//7	70.0	12.0	11.0	1174	73.85	7.2	3.6	99.72%	39.562	TR//17	71.0	10.0	11.0	606	43.58	9.13	4.93	85.19%	24.506					
TR//8	81.0	10.0	10.0	912	56.70	4.6	2.24	106.70%	40.568	TR//18	76.0	12.0	11.0	1644	77.81	8.67	4.52	91.81%	55.401					
TR//9	75.0	11.0	11.0	1272	69.71	7.0	3.77	86.47%	46.761	TR//19	91.0	10.0	11.0	984	46.16	6.2	2.88	115.28%	39.791					
TR//10	80.0	9.0	9.0	924	43.51	3.7	1.76	111.93%	50.743	TR//20	68.0	11.0	11.0	1698	74.32	7.81	4.4	77.50%	62.422					
OBSERVACIONES:																								

Tabla 35: Dimensiones de las probetas, tiempo de falla, área transversal, carga, esfuerzo y contenido de humedad. Tracción Paralela a la Fibra (*Guadua angustifolia* Kunth)

CÓDIGO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	TIEMPO DE FALLA (s)	ÁREA TRANSV. (mm ²)	CARGA (lb)	CARGA (N)	ESFUERZO $\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$ (MPa)	CONT. DE HUM. (%)
TR//1	65.0	9.0	13.0	90.00	117.00	1400.00	6227.51	53.23	75.71
TR//2	80.0	9.0	11.0	49.10	99.00	846.00	3763.20	38.01	83.63
TR//3	80.0	11.0	10.0	42.79	110.00	908.00	4038.99	36.72	80.63
TR//4	71.0	10.0	11.0	59.93	110.00	1226.00	5453.52	49.58	92.54
TR//5	73.0	11.0	11.0	72.25	121.00	1440.00	6405.44	52.94	88.25
TR//6	88.0	10.0	12.0	53.73	120.00	1472.00	6547.78	54.56	90.44
TR//7	70.0	12.0	11.0	73.85	132.00	1174.00	5222.21	39.56	99.72
TR//8	81.0	10.0	10.0	56.70	100.00	912.00	4056.78	40.57	106.70
TR//9	75.0	11.0	11.0	69.71	121.00	1272.00	5658.14	46.76	86.47
TR//10	80.0	9.0	9.0	43.51	81.00	924.00	4110.16	50.74	111.93
TR//11	75.0	12.0	11.0	73.91	132.00	1450.00	6449.92	48.86	74.60
TR//12	75.0	9.0	11.0	62.44	99.00	1188.00	5284.49	53.38	100.31
TR//13	75.0	10.0	10.0	35.07	100.00	534.00	2375.35	23.75	110.37
TR//14	80.0	10.0	12.0	58.39	120.00	1328.00	5907.24	49.23	93.11
TR//15	80.0	11.0	11.0	32.30	121.00	430.00	1912.74	15.81	120.47
TR//16	77.0	10.0	10.0	61.77	100.00	1212.00	5391.24	53.91	84.45
TR//17	71.0	10.0	11.0	43.58	110.00	606.00	2695.62	24.51	85.19
TR//18	76.0	12.0	11.0	77.81	132.00	1644.00	7312.88	55.40	91.81
TR//19	91.0	10.0	11.0	46.16	110.00	984.00	4377.05	39.79	115.28
TR//20	68.0	11.0	11.0	74.32	121.00	1698.00	7553.08	62.42	77.50

Fuente: Elaboración propia.

ESFUERZO MÁXIMO A TRACCIÓN PARALELA A LAS FIBRAS POR PROBETA
(Guadua angustifolia Kunth)

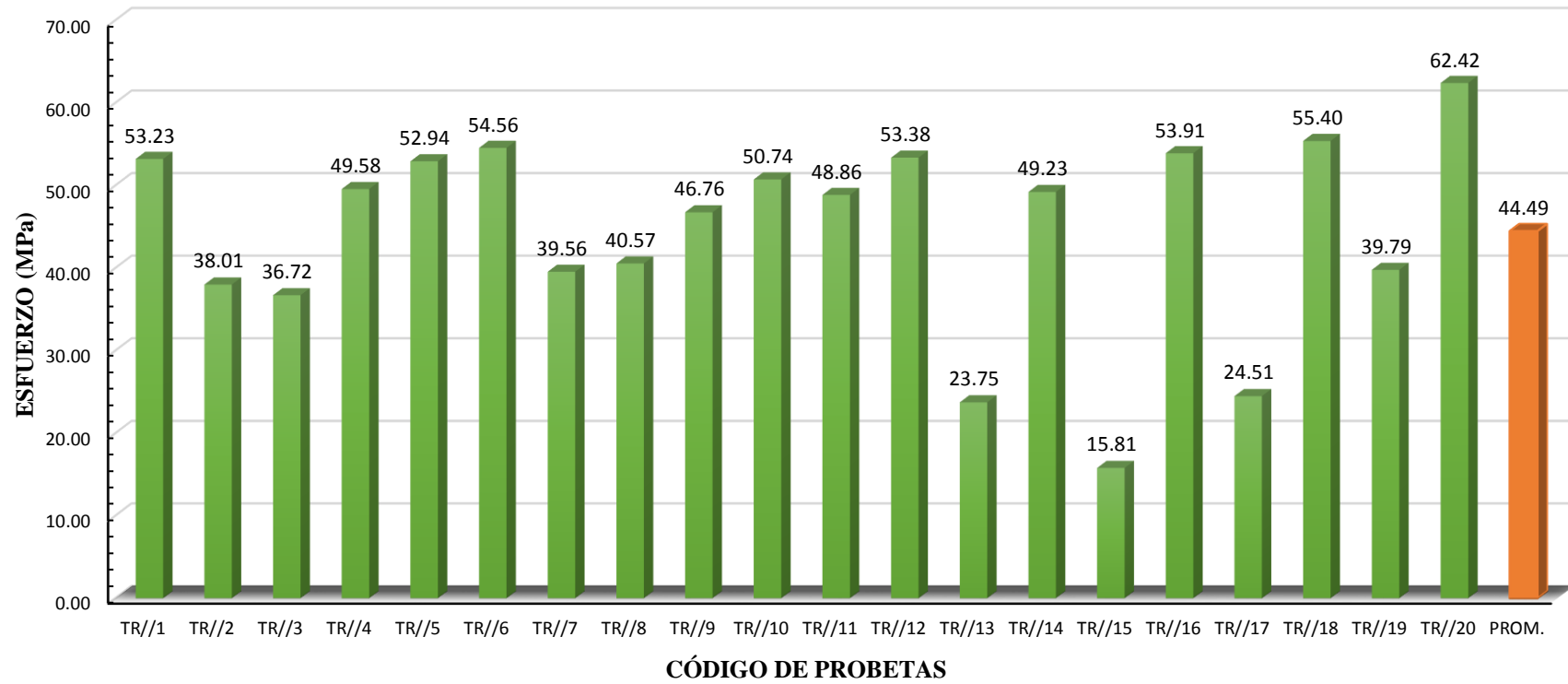


Figura 17. Gráfico de barras esfuerzo máximo, Tracción Paralela a la Fibra (*Guadua angustifolia* Kunth).

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.5. Corte paralelo a la fibra

El presente ensayo se realizó conforme a la NTC - 5525, contando con las probetas correctamente acondicionadas y luego de preparar e instrumentar la máquina universal con sus respectivos accesorios se procedió a realizar el ensayo correspondiente.

De forma previa se tomaron las dimensiones del plano de falla de las probetas con ayuda de un vernier con la finalidad de calcular el área paralela a la carga.

Una vez instalada la probeta correctamente en el dispositivo de cizallamiento de la máquina universal, de tal manera que la cara transversal reciba la presión de la cizalla, una carga continua durante el ensayo de modo que la cizalla se desplace a razón de 0.6 mm por minuto, hasta su punto de falla. Aclaremos que en este tipo de ensayo solamente se registraron las cargas máximas aplicadas, hasta el momento que ocurra la falla.

Una vez finalizado el ensayo mecánico, se utilizó la porción de la probeta que ha sido separada por el cizallamiento para determinar el contenido de humedad; luego se la depositó en la estufa a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta su deshidratación total; finalmente se determinó su peso seco (peso anhidro).

Todos los datos obtenidos se anotaron en la página correspondiente del “Registro de Ensayos” diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM.

Los resultados arrojados y el tratamiento de datos, son como se muestran a continuación.

Tabla 36: Datos obtenidos de laboratorio, Corte Paralelo a la Fibra, Probetas 1 al 20 (*Guadua angustifolia* Kunth).

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA										DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FISICA - MECANICAS DE LA MADERA					
ENSAYOS DE CORTE O CIZALLAMIENTO PARALELO A LAS FIBRAS															
NOMBRE COMÚN: <u>Bambú</u>										N° DE XILOTECA:		N° DE ÁRBOL:		NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525	
NOMBRE CIENTÍFICO: <u>Guadua angustifolia Kunth</u>										PROCEDENCIA: <u>ARAMANGO-BAGUA-AMAZONANAS</u>		PROYECTO: <u>TESIS</u>			
FAMILIA: <u>Poaceae</u>										CONDICIÓN:		FECHA: <u>27/04/2018</u>		EJECUTOR: <u>JPS - EQJ</u>	
PROB. N°	DATOS DE CÓMPUTO					RESULTADO		PROB. N°	DATOS DE CÓMPUTO					RESULTADO	
	Ø (mm)	ESPESOR (mm)	CARGA MÁX. (P)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	C.H. (%)	RESIST. AL CORTE (MPa)		Ø (mm)	ESPESOR (mm)	CARGA MÁX. (P)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	C.H. (%)	RESIST. AL CORTE (MPa)
CP1	118.0	13.0	4750	43.0	22.16	94.13%	2.709	CP11	110.50	10.50	6450	47.08	22.36	110.55%	4.554
CP2	122.0	14.0	5840	45.4	22.33	103.09%	3.093	CP12	108.00	10.00	5780	41.87	22.93	82.60%	4.285
CP3	121.0	13.0	4450	45.2	19.32	133.90%	2.538	CP13	116.00	14.50	10600	66.7	36.5	82.74%	5.420
CP4	118.0	12.0	3900	49.4	24.04	105.49%	2.409	CP14	106.50	10.00	6060	34.32	16.01	114.37%	4.493
CP5	120.0	13.0	6740	46.3	22.15	109.12%	3.844	CP15	103.00	10.00	5940	42.76	22.13	93.22%	4.404
CP6	119.0	11.0	4450	59.2	26.62	122.54%	2.999	CP16	102.00	9.00	1670	50.41	24.37	106.85%	1.548
CP7	128.0	15.0	5550	69.5	30.76	125.78%	2.743	CP17	100.00	8.50	4530	37.99	18.22	108.51%	3.951
CP8	113.0	13.0	3950	33.4	16.59	101.15%	2.253	CP18	100.00	9.00	6100	43.49	22.06	97.14%	5.025
CP9	113.0	10.0	4220	32.7	17.05	91.55%	3.129	CP19	97.00	9.50	6020	43.59	20.53	112.32%	4.698
CP10	112.5	11.0	6480	49.0	22.83	114.72%	4.367	CP20	124.00	12.00	8210	46.35	24.98	85.55%	5.072
OBSERVACIONES:															

Tabla 37: Datos obtenidos de laboratorio, Corte Paralelo a la Fibra, Probetas 21 al 40 (*Guadua angustifolia* Kunth).

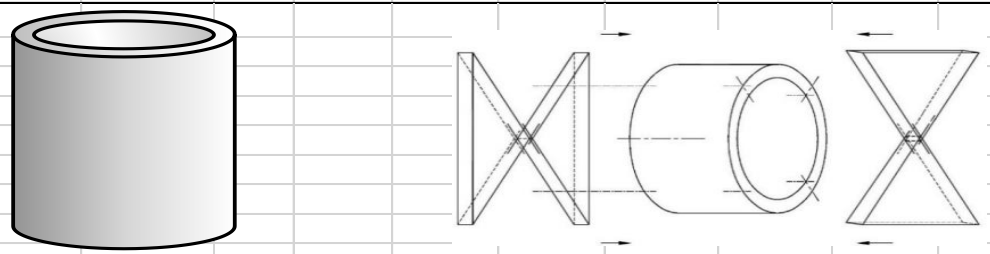
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA								DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES. LAB. PROPIEDADES FISICA - MECANICAS DE LA MADERA.							
ENSAYOS DE CORTE O CIZALLAMIENTO PARALELO A LAS FIBRAS															
NOMBRE COMÚN: <u>Bambú</u>				N° DE XILOTECA: _____				N° DE ÁRBOL: _____				NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525			
NOMBRE CIENTÍFICO <u>Guadua angustifolia Kunth</u>				PROCEDENCIA: <u>ARAMANGO-BAGUA-AMAZONANAS</u>				PROYECTO: <u>TESIS</u>				NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 013			
FAMILIA: <u>Poaceae</u>				CONDICIÓN: _____				FECHA: <u>27/04/2018</u>				EJECUTOR: <u>JPS - EQJ</u>			
PROB. N°	DATOS DE CÓMPUTO					RESULTADO		PROB. N°	DATOS DE CÓMPUTO					RESULTADO	
	Ø (mm)	ESPELOR (mm)	CARGA MÁX. (P)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	C.H. (%)	RESIST. AL CORTE (MPa)		Ø (mm)	ESPELOR (mm)	CARGA MÁX. (P)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	C.H. (%)	RESIST. AL CORTE (MPa)
CP21	121.0	18.0	6860	71.1	30.03	136.63%	2.825	CP31	122.50	12.00	8900	54.94	25.12	118.71%	5.498
CP22	124.0	18.0	9500	71.0	30.98	129.02%	3.913	CP32	120.50	11.50	7390	43.68	19.85	120.05%	4.764
CP23	121.0	16.0	5440	75.7	35.89	110.89%	2.521	CP33	117.50	12.00	4620	55.75	25.95	114.84%	2.854
CP24	122.5	17.0	7250	63.1	30.18	109.01%	3.162	CP34	117.50	11.50	3950	34.67	19.59	76.98%	2.928
CP25	123.0	15.0	4550	56.3	24.55	129.37%	2.249	CP35	126.50	16.00	3930	53.67	24.93	115.28%	1.821
CP26	124.0	14.0	4570	53.8	25.36	112.11%	2.420	CP36	116.00	10.00	6420	43.41	21.55	101.44%	4.760
CP27	124.0	15.0	4870	67.1	28.95	131.85%	2.407	CP37	113.00	10.00	5780	43.34	21.03	106.09%	4.285
CP28	123.5	14.0	7710	67.8	30.8	120.16%	4.083	CP38	115.00	10.00	5880	33.19	17.08	94.32%	4.359
CP29	120.0	11.0	5890	50.2	26.38	90.41%	3.970	CP39	115.00	9.50	4150	30.56	14.93	104.69%	3.239
CP30	120.5	11.5	4900	47.7	22.81	108.94%	3.159	CP40	116.00	10.00	4500	49.4	24.79	99.27%	3.336
OBSERVACIONES: _____															
															

Tabla 38: Dimensiones de las probetas, carga, Área de corte, resistencia al corte, relación diámetro/espesor y contenido de humedad Corte Paralelo a la Fibra, Probetas 1 al 40 (*Guadua angustifolia* Kunth).

CÓDIGO	DIÁMETRO (mm)	ESPESOR (mm)	ALTURA DE PROBETAS (mm)	CARGA (lb)	CARGA (N)	txL (cm ²)	RESISTENCIA AL CORTE	RELACIÓN D/E	CONT. HUMED. (%)
CP01	118	13	150	4750	21129.0527	19.5	270.8853	9.0769	110.5546
CP02	122	14	150	5840	25977.6142	21	309.2573	8.7143	106.8527
CP03	121	13	150	4450	19794.5862	19.5	253.7767	9.3077	91.5543
CP04	118	12	150	3900	17348.0643	18	240.9453	9.8333	122.5394
CP05	120	13	150	6740	29981.0137	19.5	384.3720	9.2308	129.0187
CP06	119	11	150	4450	19794.5862	16.5	299.9180	10.8182	93.2219
CP07	128	15	150	5550	24687.63	22.5	274.3070	8.5333	82.5992
CP08	113	13	150	3950	17570.4754	19.5	225.2625	8.6923	105.4908
CP09	113	10	150	4220	18771.4952	15	312.8583	11.3000	108.5071
CP10	112.5	11	150	6480	28824.4761	16.5	436.7345	10.2273	108.9434
CP11	110.5	10.5	150	6450	28691.0294	15.75	455.4132	10.5238	114.8362
CP12	108	10	150	5780	25710.7209	15	428.5120	10.8000	131.8480
CP13	116	14.5	150	10600	47151.1491	21.75	541.9672	8.0000	104.6885
CP14	106.5	10	150	6060	26956.223	15	449.2704	10.6500	120.0504
CP15	103	10	150	5940	26422.4364	15	440.3739	10.3000	118.7102
CP16	102	9	150	1670	7428.5301	13.5	137.5654	11.3333	94.1336
CP17	100	8.5	150	4530	20150.4439	12.75	395.1067	11.7647	109.0126
CP18	100	9	150	6100	27134.1519	13.5	502.4843	11.1111	106.0865
CP19	97	9.5	150	6020	26778.2941	14.25	469.7946	10.2105	76.9781
CP20	124	12	150	8210	36519.8995	18	507.2208	10.3333	94.3208
CP21	121	18	150	6860	30514.8003	27	282.5444	6.7222	82.7397
CP22	124	18	150	9500	42258.1053	27	391.2788	6.8889	110.8944
CP23	121	16	150	5440	24198.3256	24	252.0659	7.5625	101.1453
CP24	122.5	17	150	7250	32249.6067	25.5	316.1726	7.2059	112.3234
CP25	123	15	150	4550	20239.4083	22.5	224.8823	8.2000	133.9027
CP26	124	14	150	4570	20328.3728	21	242.0044	8.8571	125.7802
CP27	124	15	150	4870	21662.8393	22.5	240.6982	8.2667	109.1196
CP28	123.5	14	150	7710	34295.7887	21	408.2832	8.8214	112.1057
CP29	120	11	150	5890	26200.0253	16.5	396.9701	10.9091	129.3686
CP30	120.5	11.5	150	4900	21796.2859	17.25	315.8882	10.4783	97.1442
CP31	122.5	12	150	8900	39589.1724	18	549.8496	10.2083	99.2739
CP32	120.5	11.5	150	7390	32872.3577	17.25	476.4110	10.4783	101.4385
CP33	117.5	12	150	4620	20550.7839	18	285.4276	9.7917	114.3660
CP34	117.5	11.5	150	3950	17570.4754	17.25	254.6446	10.2174	114.7175
CP35	126.5	16	150	3930	17481.5109	24	182.0991	7.9063	103.0900
CP36	116	10	150	6420	28557.5828	15	475.9597	11.6000	115.2828
CP37	113	10	150	5780	25710.7209	15	428.5120	11.3000	120.1623
CP38	115	10	150	5880	26155.5431	15	435.9257	11.5000	90.4094
CP39	115	9.5	150	4150	18460.1197	14.25	323.8617	12.1053	85.5484
CP40	116	10	150	4500	20016.9973	15	333.6166	11.6000	136.6300

Fuente: Elaboración propia.

ESFUERZO MÁXIMO AL CORTE PARALELO A LAS FIBRAS POR PROBETA
(Guadua angustifolia Kunth)

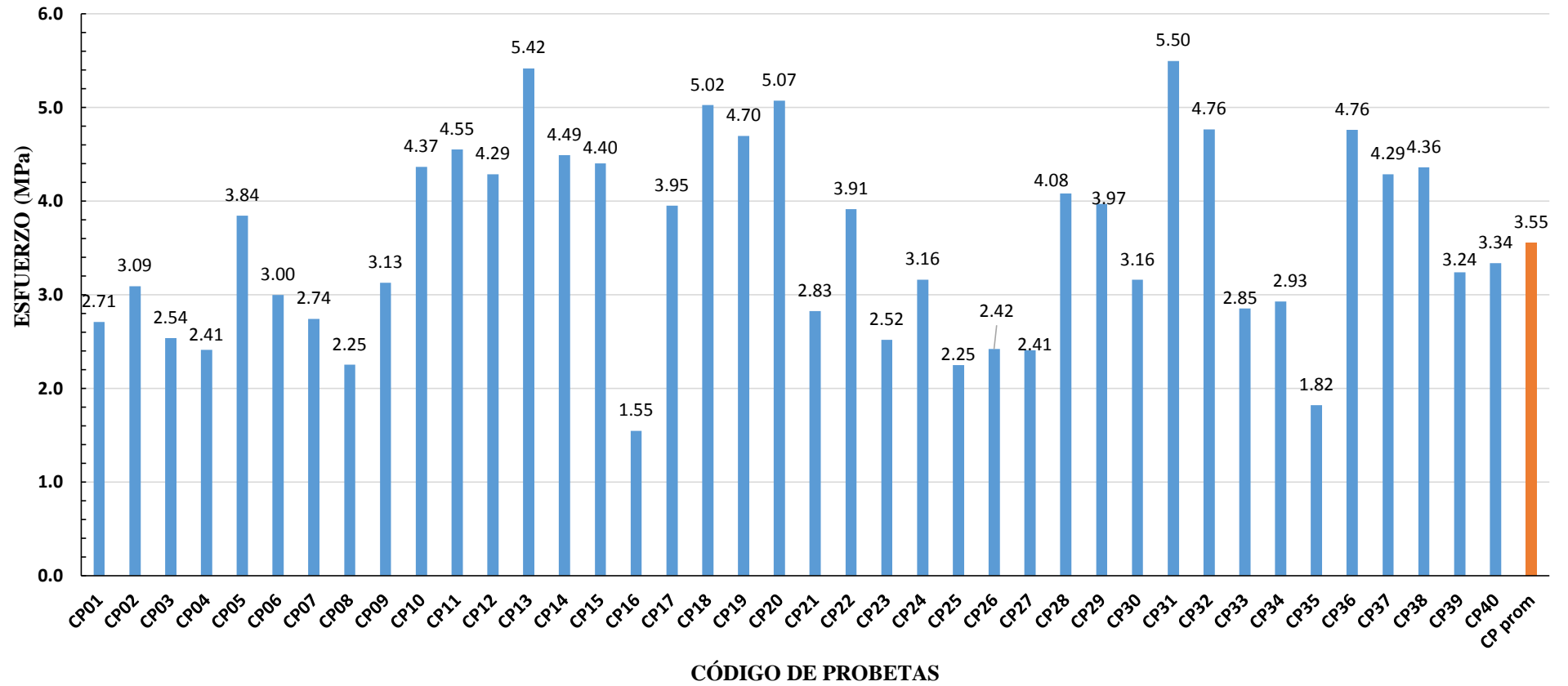


Figura 18. Gráfico de barras, esfuerzo máximo al Corte Paralelo a la Fibra, Probetas (*Guadua angustifolia* Kunth).

Fuente: Elaboración propia

2.6. Procesamiento de datos

En el ítem 2.4. se determinaron los resultados iniciales, los cuales fueron sometidos a tratamientos estadísticos con la finalidad de obtener los resultados finales de esta investigación.

2.6.1 Procesos realizados en el tratamiento estadístico de datos

Con los resultados iniciales obtenidos en el ítem 2.4. procedemos de la siguiente manera:

1º) Tratamiento estadístico. El tratamiento estadístico se realizó mediante el uso del programa Excel. Los valores estadísticos calculados son los siguientes:

Desviación estándar (SD): Es una medida de dispersión o variabilidad de los datos; cuando la distribución de frecuencias es larga y abatida, el valor “SD” es grande, lo cual indica mucha variación, cuando hay poca variabilidad, los valores se aglomeran alrededor del promedio, y el valor “SD” es pequeño.

La desviación estándar se define como la raíz cuadrada del promedio de la desviación al cuadrado de los resultados de la prueba y se calcula con la fórmula siguiente:

$$SD = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

X_1, X_2, \dots, X_n : Valores individuales de los ensayos.

$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$: Valor promedio de los ensayos.

n: Número de ensayos.

Fórmula 16: Desviación Estándar.

Coefficiente de variación (CV): Es una medida de variación relativa, que se define como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de las pruebas, simbólicamente lo expresamos así:

$$CV = \frac{SD \times 100}{\bar{X}}$$

Fórmula 17: Coeficiente de Variación.

Media aritmética o valor promedio: En el desarrollo del presente trabajo se ha utilizado con mucha incidencia éste indicador o valor estadístico, que para datos agrupados es válida la siguiente fórmula:

$$M(X) = \frac{\sum X}{n}$$

Donde:

M(X): Valor promedio de los datos.

$\sum X$: Sumatoria de los “n” datos.

n: Número de datos que conforman el grupo.

Fórmula 18: Media aritmética o valor promedio.

Límite de exclusión del 5%: El Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino recomienda usar este indicador para los resultados relativos a los ensayos de carácter mecánico. Con el valor de este indicador, se espera que de toda la población existente de dicha especie solamente el 5% tenga una resistencia menor que este valor.

Este indicador se obtiene ordenando los resultados de los ensayos en forma creciente; el valor que define el límite de exclusión del 5% es el del ensayo número 0.05N, donde N es el número de probetas ensayadas. Se ha adoptado este criterio en lugar de suponer una distribución normal y determinar probabilísticamente el 5° percentil, porque representa un mejor estimado para toda la población de árboles de la especie y no sólo de los ensayados. (PADT REFORT, 1984).

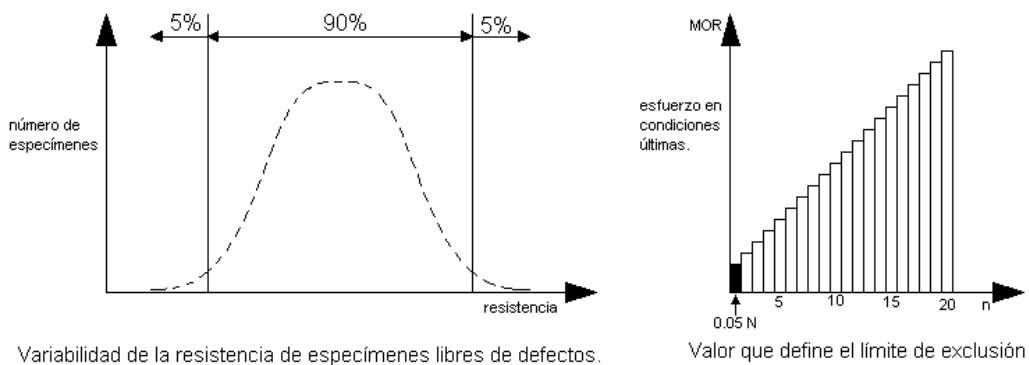


Figura 19. Explicación y deducción Gráfica del límite de exclusión.

Fuente: (PADT REFORT, 1984).

2º) Resultados. Los resultados se obtuvieron del tratamiento estadístico, se tuvo en cuenta las recomendaciones establecidas en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino e investigaciones realizadas a la *Guadua angustifolia* Kunth.

3º) Construcción de gráficos y curvas. Una vez obtenidos y seleccionados los resultados a través del procesamiento estadístico, se construyeron gráficos para una mejor diferenciación de los resultados finales, para así predecir mejor el comportamiento del bambú. Todos estos elementos sirvieron como ayuda en el análisis de los resultados finales de la investigación.

4º) Análisis de resultados. Contando ya con los resultados finales, con los gráficos y curvas necesarias; se realizó un análisis de los resultados finales, el cuál consistió en explicar la naturaleza de los mismos, precisar las diferencias más notorias, establecer la variación o no de los resultados y determinar elementos de correlación entre los resultados para una misma propiedad física o mecánica.

Luego de realizado el análisis se establecieron las conclusiones finales:

2.6.2 Procesamiento por tipo de ensayo realizado

2.6.2.1. Procesamiento para ensayos de carácter físico

2.6.2.1.1. Procesamiento de datos: contenido de humedad

2.6.2.1.1.1. Tratamiento estadístico: contenido de humedad

Tabla 39: Tratamiento estadístico: Contenido de Humedad por probetas ensayadas de *Guadua angustifolia* Kunth.

<i>Guadua angustifolia</i> Kunth		
Nº	Código de Probetas	Contenido de Humedad (CH%)
1	CH 1	108.484
2	CH 2	99.736
3	CH 3	103.846
4	CH 4	109.563
5	CH 5	101.187
6	CH 6	124.488
7	CH 7	114.648
8	CH 8	99.730
9	CH 9	99.067
10	CH 10	103.365
11	CH 11	85.676
12	CH 12	110.081
13	CH 13	98.367
14	CH 14	106.569
15	CH 15	104.348
16	CH 16	97.557
17	CH 17	99.199
18	CH 18	107.613
19	CH 19	102.688
20	CH 20	105.679
21	CH 21	115.784
22	CH 22	112.233
23	CH 23	103.877
24	CH 24	108.452
25	CH 25	100.720
26	CH 26	88.598
27	CH 27	92.150
28	CH 28	99.685
29	CH 29	97.240
30	CH 30	113.570
31	CH 31	114.371
32	CH 32	105.501
33	CH 33	101.788
34	CH 34	102.882
35	CH 35	100.412
36	CH 36	108.397
37	CH 37	102.626
38	CH 38	108.543
39	CH 39	100.472
40	CH 40	113.977
	M(X)	104.329
	SD	7.503
	CV%	7.192

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.1.2. Procesamiento de datos: Densidad

2.6.2.1.2.1. Tratamiento estadístico: Densidad

Tabla 40: Tratamiento estadístico: Densidad por probetas ensayadas de *Guadua angustifolia* Kunth.

N°	Código de Probetas	Densidad Verde (g/cm ³)	Densidad Anhidra (g/cm ³)	Densidad Básica (g/cm ³)
1	D 1	1.123	0.805	0.539
2	D 2	1.163	0.851	0.583
3	D 3	1.150	0.886	0.564
4	D 4	1.121	0.953	0.535
5	D 5	1.133	0.870	0.563
6	D 6	1.135	0.808	0.505
7	D 7	1.101	1.025	0.513
8	D 8	1.135	0.867	0.568
9	D 9	1.135	0.868	0.570
10	D 10	1.140	0.823	0.560
11	D 11	1.127	0.883	0.607
12	D 12	1.166	0.872	0.555
13	D 13	1.122	0.881	0.566
14	D 14	1.122	0.863	0.543
15	D 15	1.093	0.856	0.535
16	D 16	1.124	0.933	0.569
17	D 17	1.082	0.927	0.543
18	D 18	1.134	0.824	0.546
19	D 19	1.138	0.873	0.562
20	D 20	1.114	0.846	0.542
21	D 21	1.131	0.806	0.524
22	D 22	1.112	0.879	0.524
23	D 23	1.193	0.876	0.585
24	D 24	1.133	0.795	0.544
25	D 25	1.104	0.869	0.550
26	D 26	1.038	0.936	0.551
27	D 27	1.143	0.817	0.595
28	D 28	1.115	0.874	0.559
29	D 29	1.067	0.856	0.541
30	D 30	1.110	0.854	0.520
31	D 31	1.127	0.798	0.526
32	D 32	1.122	0.927	0.546
33	D 33	1.164	0.884	0.577
34	D 34	1.131	0.876	0.557
35	D 35	1.119	0.832	0.558
36	D 36	1.119	0.872	0.537
37	D 37	1.134	0.821	0.560
38	D 38	1.128	0.816	0.541
39	D 39	1.136	0.883	0.566
40	D 40	1.117	0.876	0.522
M(X)		1.125	0.867	0.551
SD		0.026	0.047	0.022
CV%		2.344	5.385	3.994

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.1.2.2. Construcción de curvas: Densidad

Según los resultados obtenidos es posible construir curvas en el plano cartesiano de Densidad vs Contenido de Humedad, ya que se relacionan directamente y para observar su comportamiento se ha tenido que construir la siguiente tabulación.

Tabla 41: Valores para construir curva: Densidad vs Contenido de Humedad.

Tipo de Ensayo	g/cm ³	C.H. %
Densidad Verde	1.125	104.329
Densidad Anhidra	0.867	0.000

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 41 se ubicó los puntos correlativos en el plano cartesiano “Densidad vs Contenido de Humedad”, se muestra una relación directamente proporcional entre dicha comparación, resultado que se muestra en la figura 20.

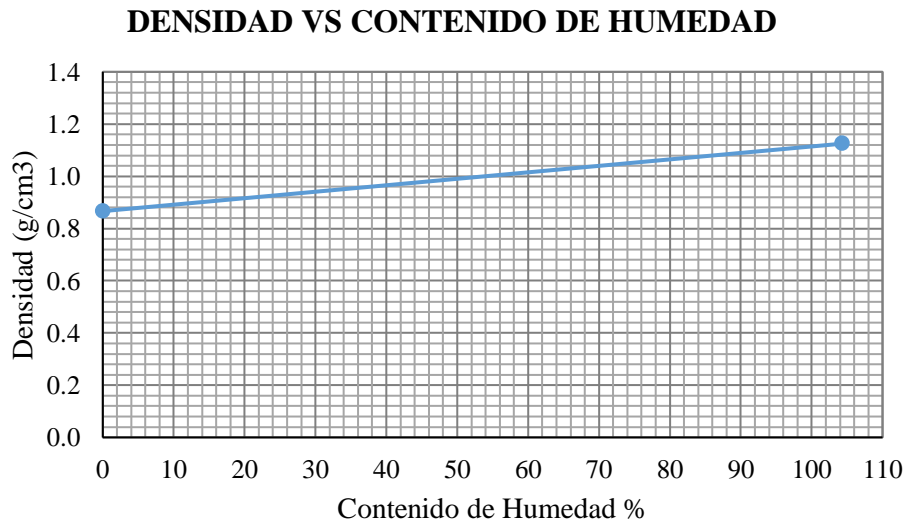


Figura 20. Curva Densidad vs Contenido de Humedad de probetas de *Guadua angustifolia* Kunth.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.1.3. Procesamiento de datos: contracción

2.6.2.1.3.1. Tratamiento estadístico: contracción

Tabla 42: Tratamiento estadístico: Contracción Volumétrica Total por probetas ensayadas de *Guadua angustifolia* Kunth.

N°	Código de Probeta	Volumen Inicial (cm3)	Volumen Anhidro (cm3)	Contracción Volumétrica Total (%)
1	D 1	16.41	10.98	33.090
2	D 2	13.03	8.92	31.543
3	D 3	24.42	15.55	36.323
4	D 4	13.68	7.68	43.860
5	D 5	11.97	7.75	35.255
6	D 6	24.16	15.12	37.417
7	D 7	16.90	8.46	49.941
8	D 8	13.04	8.55	34.433
9	D 9	11.28	7.41	34.309
10	D 10	16.97	11.56	31.880
11	D 11	12.19	8.38	31.255
12	D 12	13.40	8.53	36.343
13	D 13	14.07	9.04	35.750
14	D 14	12.61	7.94	37.034
15	D 15	12.04	7.52	37.542
16	D 16	12.23	7.46	39.002
17	D 17	13.79	8.08	41.407
18	D 18	17.80	11.80	33.708
19	D 19	13.25	8.52	35.698
20	D 20	13.33	8.53	36.009
21	D 21	18.73	12.18	34.971
22	D 22	16.07	9.58	40.386
23	D 23	17.19	11.48	33.217
24	D 24	19.37	13.24	31.647
25	D 25	12.62	7.99	36.688
26	D 26	13.86	8.15	41.198
27	D 27	14.78	10.76	27.199
28	D 28	11.35	7.25	36.123
29	D 29	11.39	7.20	36.787
30	D 30	14.61	8.89	39.151
31	D 31	15.88	10.47	34.068
32	D 32	12.99	7.65	41.109
33	D 33	11.63	7.59	34.738
34	D 34	12.45	7.92	36.386
35	D 35	13.06	8.76	32.925
36	D 36	12.20	7.51	38.443
37	D 37	15.65	10.67	31.821
38	D 38	14.71	9.75	33.719
39	D 39	11.21	7.19	35.861
40	D 40	13.29	7.92	40.406
M(X)		14.49	9.25	36.216
SD		3.11	2.11	4.016
CV%		21.47	22.78	11.088

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.1.3.2. Construcción de curvas

Según los resultados obtenidos es posible construir curvas en el plano cartesiano de Contracción Volumétrica Total vs Contenido de Humedad, observar su comportamiento se ha tenido que construir la siguiente tabulación.

Tabla 43: Valores para construir curva: Contracción Volumétrica Total vs Contenido de Humedad de la *Guadua angustifolia* Kunth.

Estado de Probeta	Contenido de Humedad %	Contracción Volumétrica Total (%)
Verde	113.977	0.000
Anhidro	0.000	36.216

Fuente: Elaboración propia.

Trasladando los puntos de la Tabla 43 en el plano cartesiano “Contracción vs Contenido de Humedad”, se muestra una relación inversamente proporcional entre dicha comparación, resultado que se muestra en la Figura 21.

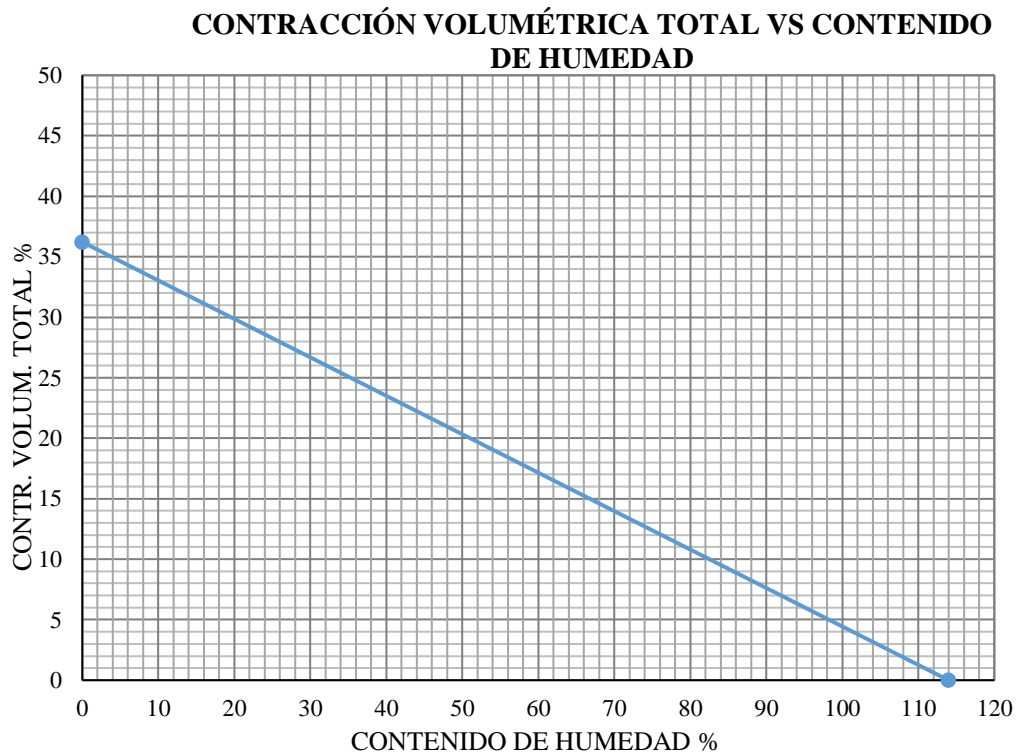


Figura 21. Curva Contracción Volumétrica Total vs Contenido de Humedad de probetas de *Guadua angustifolia* Kunth.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.2. Procesamiento para ensayos de carácter mecánico

El procesamiento de resultados de los ensayos de carácter mecánico, difiere del procesamiento de resultados de las propiedades físicas del **ítem 2.5.1** en lo siguiente:

- i. Para el caso de las propiedades mecánicas se contó con tabulaciones y curvas de comportamiento Esfuerzo vs Deformación Unitaria; las cuales han sido elaboradas en el **ítem 2.5.2**.
- ii. Las tabulaciones, modelamientos y curvas elaboradas en el **ítem 2.5.2** nos sirvieron para determinar y construir “modelamientos matemáticos de comportamiento promedio elástico y plástico dentro del sistema cartesiano Esfuerzo vs Deformación Unitaria”.
- iii. Los resultados que se obtuvieron de las “curvas de comportamiento promedio” fueron contrastados con los resultados que se obtuvieron del procesamiento estadístico.

Se elaboraron “curvas de comportamiento promedio” para los ensayos de: compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra y flexión estática; y su construcción tuvo la secuencia que se describe a continuación:

- 1º) Para cada uno de los ensayos especificados en el párrafo anterior, valiéndonos de los modelamientos matemáticos, los puntos de proporcionalidad elástica, de rotura y las tabulaciones elaboradas en el **ítem 2.5.2**; se construyó una “**tabla general**” donde se consignaron los puntos relativos a las tabulaciones por ensayo elaboradas en el **ítem 2.5.2**, de acuerdo al siguiente procedimiento:
 - a) Toda curva de comportamiento mecánico parte del punto (0,0), en su tramo elástico se comportó como una función lineal hasta el punto de proporcionalidad elástica a partir del cual comienza el tramo plástico cambiando su comportamiento a una función cuadrática o cúbica (según sea el tipo de ensayo) hasta su rotura.
 - b) De acuerdo a lo anterior se diseñó una nueva tabulación para cada ensayo con 31 puntos de la forma (X, Y), donde los puntos comprendidos entre el N°1 y el N°11 corresponden al tramo elástico y los puntos comprendidos entre el N°11 y el N°31 corresponden al tramo plástico.
 - c) En concordancia a las tabulaciones del **ítem 2.5.2**, le asignamos al punto N°1 el valor del origen de coordenadas (0,0); al punto N°11 le asignamos el valor

correspondiente al punto de proporcionalidad elástica, es decir al punto de transición entre el tramo elástico y plástico (punto de inflexión entre la función lineal y la función cuadrática o cúbica según sea el caso) y a los puntos intermedios (N°2, N°3, N°4, N°5, N°6, N°7, N°8, N°9 y N°10) se les asignó un valor representado por la expresión: “ (X_n, Y_n) ”, el cuál fue generado por las siguientes expresiones:

$$X_n = X_{n-1} + \frac{N^{\circ}11}{10}$$

De la función lineal trasladada

$$Y = aX$$

$$Y_n = aX_n$$

- d) Finalmente los valores de los puntos N°11 al N°31; son los correspondientes a los puntos del tramo plástico de las tabulaciones ejecutadas anteriormente para cada ensayo en el ítem **2.5.2**, el punto N° 31 corresponden al punto de rotura o de falla de la probeta de los ensayos en corte paralelo a las fibras y flexión estática (función cuadrática), para el caso de compresión perpendicular a las fibras (función cúbica) en este caso representa el punto paso de dicha función (valor tomado de la carga máxima que soporta la probeta en la lectura del ensayo), teniendo en cuenta que no es el valor máximo a tomar ya que al ser un ensayo de aplastamiento este matemáticamente se proyecta al infinito. Los puntos intermedios (N° 12, N° 13, ..., N° 30) se les asignó un valor representado por la expresión: “ (X'_n, Y'_n) ”, el cuál fue generado por las siguientes expresiones:

$$X'_n = X_{n-1} + \frac{N^{\circ}31 - N^{\circ}11}{20}$$

De la función cuadrática trasladada.

$$Y = bX^2 + cX + d$$

$$Y'_n = b(X'_n)^2 + c(X'_n) + d$$

De la función cúbica trasladada.

$$Y = eX^3 + fX^2 + gX + h$$

$$Y'_n = e(X'_n)^3 + f(X'_n)^2 + g(X'_n) + h$$

2°) Una vez establecidos todos los valores en la “tabla general”, se procedió a determinar

el promedio de los “X” y el promedio de los “Y” de cada punto con la finalidad de obtener una “**tabulación promedio**” cuya materialización de la curva correspondiente exprese el comportamiento promedio de todas las probetas para un determinado tipo de ensayo.

- 3º) Obtenida la tabulación de valores promedio para cada punto procedimos a construir la gráfica “Esfuerzo vs Deformación Unitaria”.
- 4º) Una vez construida la gráfica se ajustaron las curvas obtenidas mediante las regresiones correspondientes y se determinaron las funciones de comportamiento promedio relativos a cada tramo de la propiedad mecánica correspondiente.
- 5º) Al graficar las funciones promedio relativas a cada tramo, la función lineal no intersecaba al sistema Esfuerzo vs Deformación Unitaria en el punto (0,0), sino más bien existía un desfase diferencial, nosotros consideramos que ese error fue producido por el redondeo de los promedios respectivos para cada caso; es por eso que aplicando los criterios establecidos en el **ítem 2.4.2** se trasladaron horizontalmente dichas curvas, obteniéndose las funciones de comportamiento promedio ajustadas para cada tramo de la propiedad mecánica correspondiente; así mismo se determinó el punto en el límite proporcional y el punto de rotura para cada caso.
- 6º) Finalmente se realizó la tabulación final e inmediatamente se construyeron curvas que determinaron el comportamiento promedio para la respectiva propiedad mecánica del grupo de probetas correspondiente.

- **Bases para el análisis de resultados para ensayos de carácter mecánico.**

Para el análisis de resultados se tuvo como referencia al Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, en su Sección III “Diseño Estructural”, a la NTC-5525 y a la NTP-E100 las cuales establecen que el diseño de los elementos se debe hacer para cargas de servicio o MÉTODO DE ESFUERZOS ADMISIBLES, donde se debe de cumplir con los siguientes requisitos:

- a. **Requisitos de Resistencia.** Los elementos estructurales deben diseñarse para que los esfuerzos aplicados, producidos por las cargas de servicio, sean iguales o menores que los esfuerzos admisibles del material.

$$\text{ESFUERZOS APLICADOS} < \text{ESFUERZOS ADMISIBLES}$$

- b. Requisitos de Rigidez.** Las deformaciones deben evaluarse para las cargas de servicio. Las deformaciones de los elementos y sistemas estructurales deben ser menores o iguales que las admisibles.

$$\text{DEFORMACIONES} < \text{DEFORMACIONES ADMISIBLES}$$

Con referencia a lo anterior la NTC-5525 ha elaborado varias tablas aplicables exclusivamente al bambú estructural (*Guadua angustifolia* Kunth), en las cuales se establecen coeficientes y valores de los esfuerzos admisibles para cada tipo de ensayo y sollicitación. En la NTP-E100 existen tablas para cada caso valores de esfuerzos admisibles como los valores de E_{mim} y E_{promedio} a emplearse para el caso de entramados y columnas aisladas.

Hechas las consideraciones anteriores; en la presente investigación, para las propiedades mecánicas se incidirá en el análisis de los valores mínimos y promedios relativo al Esfuerzo Admisible y al Módulo de elasticidad MOE (módulo de Young E).

2.6.2.2.1. Procesamiento de datos: compresión paralela a la fibra

2.6.2.2.1.1. Tratamiento estadístico: compresión paralela a la fibra

Tabla 44: Procesamiento estadístico, Compresión Paralela a las Fibras De Probetas Con Nodo.

N°	CÓDIGO PROBETA	CONT. HUMEDAD %	PUNTO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL		PUNTO DE ROTURA		MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa) MOE = $\frac{\sigma_{LP}}{Def. Unit.}$	ESFUERZO ADMISIBLE (MPa) Fc=1.00 Fs=1.50 Fdc=1.20 $\sigma_{ADM} = \frac{Fc}{(F_c) \times (F_{dc})} \times \sigma_R$
			Def. Unit. "X"	Esfuerzo (MPa) "Y"	Def. Unit. "X"	Esfuerzo (MPa) "Y"		
1	C//21	128.29	0.00063	22.37061	0.00135	31.89308	35518.760	17.718
2	C//22	144.05	0.00126	29.31674	0.00191	35.85329	23296.194	19.918
3	C//23	140.81	0.00076	25.92438	0.00108	30.41449	34224.868	16.897
4	C//24	139.08	0.00069	38.34310	0.00086	41.83262	55273.522	23.240
5	C//25	130.30	0.00085	31.80448	0.00111	35.77822	37624.741	19.877
6	C//26	112.91	0.00070	29.99142	0.00114	36.96890	42682.229	20.538
7	C//27	103.95	0.00121	22.74398	0.00245	31.01942	18766.006	17.233
8	C//28	125.72	0.00127	23.36226	0.00232	31.73788	18466.217	17.632
9	C//29	116.27	0.00098	28.85216	0.00119	30.68526	29318.335	17.047
10	C//30	123.76	0.00114	27.63404	0.00126	28.22759	24249.526	15.682
11	C//31	107.24	0.00073	23.41927	0.00120	28.55968	32103.401	15.866
12	C//32	108.22	0.00085	22.90997	0.00142	29.57396	26972.753	16.430
13	C//33	120.85	0.00075	20.10618	0.00152	26.65075	26836.017	14.806
14	C//34	116.09	0.00089	22.82905	0.00120	25.80492	25669.369	14.336
15	C//35	119.61	0.00086	40.56050	0.00127	48.55373	47195.313	26.974
16	C//36	220.87	0.00058	20.70762	0.00107	28.04314	35456.091	15.580
17	C//37	126.95	0.00060	20.36656	0.00099	25.44213	34026.099	14.135
18	C//38	125.22	0.00080	19.63377	0.00147	24.04241	24670.123	13.357
19	C//39	111.54	0.00068	36.52362	0.00138	47.61931	53765.433	26.455
20	C//40	109.32	0.00058	33.26658	0.00138	43.99393	57065.662	24.441
	M(X)	126.552	0.00084	27.03331	0.00138	33.13474	34159.033	18.408
	S(D)	24.936	0.00022	6.366	0.00041	7.301	11714.926	4.056
	CV%	19.704	26.428	23.549	29.795	22.034	34.295	22.034
	Límite de exclusión del 5%		0.00058	19.63377	0.00086	24.04241	18466.21700	13.35689

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Procesamiento estadístico, Compresión Paralela a las Fibras de Probetas Sin Nudo.

N°	CÓDIGO PROBETA	CONT. HUMEDAD %	PUNTO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL		PUNTO DE ROTURA		MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)	ESFUERZO ADMISIBLE (MPa) Fc=1.00 Fs=1.50 Fdc=1.20
			Def. Unit. "X"	Esfuerzo (MPa) "Y"	Def. Unit. "X"	Esfuerzo (MPa) "Y"		
1	C//1	74.03	0.00048	24.49460	0.00090	30.87053	51169.608	17.150
2	C//2	83.11	0.00122	20.70018	0.00177	24.80786	16979.163	13.782
3	C//3	99.41	0.00058	18.40843	0.00147	28.64424	31573.930	15.913
4	C//4	81.50	0.00081	24.70336	0.00135	31.39417	30651.805	17.441
5	C//5	57.40	0.00109	28.56398	0.00119	29.02755	26181.828	16.126
6	C//6	93.80	0.00089	25.30596	0.00123	27.79097	28518.973	15.439
7	C//7	79.72	0.00077	23.62716	0.00108	27.16259	30593.319	15.090
8	C//8	85.18	0.00088	26.51948	0.00135	31.52297	30204.419	17.513
9	C//9	89.57	0.00082	22.28211	0.00138	25.61649	27317.592	14.231
10	C//10	59.07	0.00071	21.08079	0.00136	25.26937	29493.239	14.039
11	C//11	111.45	0.00067	19.65122	0.00107	23.31005	29197.021	12.950
12	C//12	147.40	0.00060	20.06339	0.00093	24.36026	33229.760	13.533
13	C//13	75.61	0.00079	26.05178	0.00148	36.54809	33154.596	20.304
14	C//14	133.29	0.00066	17.74715	0.00102	21.49578	26970.214	11.942
15	C//15	122.49	0.00078	19.78222	0.00138	23.22927	25244.627	12.905
16	C//16	99.69	0.00058	19.09960	0.00107	25.86507	32702.220	14.369
17	C//17	135.32	0.00060	20.36656	0.00099	25.44213	34026.099	14.135
18	C//18	117.30	0.00080	17.70875	0.00147	21.68528	22251.484	12.047
19	C//19	94.17	0.00067	20.22565	0.00098	23.95432	29999.172	13.308
20	C//20	119.82	0.00057	16.67564	0.00100	21.22706	29025.924	11.793
	M(X)	97.966	0.00075	21.65290	0.00122	26.46120	29924.250	14.701
	S(D)	25.182	0.00018	3.351	0.00024	3.953	6417.166	2.196
	CV%	25.705	23.918	15.478	19.293	14.940	21.445	14.940
	Límite de exclusión del 5%		0.00048	16.67564	0.00090	21.22706	16979.16300	11.79281

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.2.1.2. Construcción de curvas: compresión paralela a la fibra

A. Compresión Paralela a la Fibra – Con Nudo

Tabla 46: Tabulación general (Parte 1), compresión paralela a las fibras de probetas con nudo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C//1 CN		CÓDIGO DE PROB. C//2 CN		CÓDIGO DE PROB. C//3 CN		CÓDIGO DE PROB. C//4 CN		CÓDIGO DE PROB. C//5 CN	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00006	2.23706	0.00013	2.93167	0.00008	2.59244	0.00007	3.83431	0.00008	3.18045
3	0.00013	4.47412	0.00025	5.86335	0.00015	5.18488	0.00014	7.66862	0.00017	6.36090
4	0.00019	6.71118	0.00038	8.79502	0.00023	7.77731	0.00021	11.50293	0.00025	9.54134
5	0.00025	8.94824	0.00050	11.72669	0.00030	10.36975	0.00028	15.33724	0.00034	12.72179
6	0.00031	11.18530	0.00063	14.65837	0.00038	12.96219	0.00035	19.17155	0.00042	15.90224
7	0.00038	13.42237	0.00076	17.59004	0.00045	15.55463	0.00042	23.00586	0.00051	19.08269
8	0.00044	15.65943	0.00088	20.52172	0.00053	18.14707	0.00049	26.84017	0.00059	22.26314
9	0.00050	17.89649	0.00101	23.45339	0.00061	20.73950	0.00055	30.67448	0.00068	25.44359
10	0.00057	20.13355	0.00113	26.38506	0.00068	23.33194	0.00062	34.50879	0.00076	28.62403
11	0.00063	22.37061	0.00126	29.31674	0.00076	25.92438	0.00069	38.34310	0.00085	31.80448
12	0.00067	23.29905	0.00129	29.95405	0.00077	26.36217	0.00070	38.68333	0.00086	32.19192
13	0.00070	24.17988	0.00132	30.55868	0.00079	26.77750	0.00071	39.00611	0.00087	32.55949
14	0.00074	25.01309	0.00136	31.13063	0.00081	27.17039	0.00072	39.31144	0.00088	32.90719
15	0.00077	25.79870	0.00139	31.66990	0.00082	27.54082	0.00073	39.59933	0.00090	33.23503
16	0.00081	26.53669	0.00142	32.17648	0.00084	27.88880	0.00074	39.86976	0.00091	33.54299
17	0.00085	27.22707	0.00145	32.65038	0.00086	28.21434	0.00074	40.12275	0.00092	33.83109
18	0.00088	27.86983	0.00149	33.09160	0.00087	28.51742	0.00075	40.35830	0.00094	34.09932
19	0.00092	28.46499	0.00152	33.50013	0.00089	28.79805	0.00076	40.57639	0.00095	34.34768
20	0.00095	29.01253	0.00155	33.87598	0.00090	29.05623	0.00077	40.77704	0.00096	34.57617
21	0.00099	29.51246	0.00158	34.21915	0.00092	29.29196	0.00078	40.96024	0.00098	34.78479
22	0.00103	29.96478	0.00162	34.52964	0.00094	29.50524	0.00079	41.12599	0.00099	34.97354
23	0.00106	30.36948	0.00165	34.80744	0.00095	29.69607	0.00080	41.27430	0.00100	35.14242
24	0.00110	30.72657	0.00168	35.05256	0.00097	29.86445	0.00080	41.40515	0.00102	35.29144
25	0.00113	31.03605	0.00172	35.26500	0.00099	30.01038	0.00081	41.51856	0.00103	35.42059
26	0.00117	31.29792	0.00175	35.44476	0.00100	30.13386	0.00082	41.61453	0.00104	35.52986
27	0.00121	31.51218	0.00178	35.59183	0.00102	30.23489	0.00083	41.69304	0.00106	35.61927
28	0.00124	31.67882	0.00181	35.70622	0.00104	30.31346	0.00084	41.75411	0.00107	35.68881
29	0.00128	31.79785	0.00185	35.78793	0.00105	30.36959	0.00085	41.79773	0.00108	35.73848
30	0.00131	31.86927	0.00188	35.83695	0.00107	30.40326	0.00085	41.82390	0.00109	35.76829
31	0.00135	31.89308	0.00191	35.85329	0.00108	30.41449	0.00086	41.83262	0.00111	35.77822

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Tabulación general (Parte 2), compresión paralela a las fibras de probetas con nodo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C//6 CN		CÓDIGO DE PROB. C//7 CN		CÓDIGO DE PROB. C//8 CN		CÓDIGO DE PROB. C//9 CN		CÓDIGO DE PROB. C//10 CN	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00007	2.99914	0.00012	2.27440	0.00013	2.33623	0.00010	2.88522	0.00011	2.76340
3	0.00014	5.99828	0.00024	4.54880	0.00025	4.67245	0.00020	5.77043	0.00023	5.52681
4	0.00021	8.99743	0.00036	6.82319	0.00038	7.00868	0.00030	8.65565	0.00034	8.29021
5	0.00028	11.99657	0.00048	9.09759	0.00051	9.34490	0.00039	11.54086	0.00046	11.05362
6	0.00035	14.99571	0.00061	11.37199	0.00063	11.68113	0.00049	14.42608	0.00057	13.81702
7	0.00042	17.99485	0.00073	13.64639	0.00076	14.01736	0.00059	17.31130	0.00068	16.58042
8	0.00049	20.99400	0.00085	15.92078	0.00089	16.35358	0.00069	20.19651	0.00080	19.34383
9	0.00056	23.99314	0.00097	18.19518	0.00101	18.68981	0.00079	23.08173	0.00091	22.10723
10	0.00063	26.99228	0.00109	20.46958	0.00114	21.02603	0.00089	25.96694	0.00103	24.87064
11	0.00070	29.99142	0.00121	22.74398	0.00127	23.36226	0.00098	28.85216	0.00114	27.63404
12	0.00072	30.67173	0.00127	23.55083	0.00132	24.17888	0.00099	29.03089	0.00115	27.69191
13	0.00075	31.31714	0.00134	24.31631	0.00137	24.95363	0.00100	29.20045	0.00115	27.74681
14	0.00077	31.92767	0.00140	25.04041	0.00142	25.68649	0.00101	29.36085	0.00116	27.79875
15	0.00079	32.50331	0.00146	25.72314	0.00148	26.37748	0.00103	29.51208	0.00116	27.84772
16	0.00081	33.04407	0.00152	26.36449	0.00153	27.02659	0.00104	29.65414	0.00117	27.89372
17	0.00083	33.54993	0.00158	26.96445	0.00158	27.63382	0.00105	29.78704	0.00117	27.93675
18	0.00086	34.02091	0.00165	27.52305	0.00163	28.19918	0.00106	29.91078	0.00118	27.97681
19	0.00088	34.45701	0.00171	28.04026	0.00169	28.72265	0.00107	30.02534	0.00119	28.01391
20	0.00090	34.85821	0.00177	28.51610	0.00174	29.20425	0.00108	30.13075	0.00119	28.04804
21	0.00092	35.22453	0.00183	28.95056	0.00179	29.64397	0.00109	30.22699	0.00120	28.07920
22	0.00094	35.55596	0.00189	29.34365	0.00184	30.04181	0.00110	30.31406	0.00120	28.10740
23	0.00097	35.85250	0.00196	29.69535	0.00190	30.39778	0.00111	30.39197	0.00121	28.13262
24	0.00099	36.11416	0.00202	30.00568	0.00195	30.71186	0.00112	30.46071	0.00122	28.15488
25	0.00101	36.34092	0.00208	30.27463	0.00200	30.98407	0.00113	30.52028	0.00122	28.17417
26	0.00103	36.53280	0.00214	30.50221	0.00205	31.21440	0.00114	30.57069	0.00123	28.19049
27	0.00105	36.68980	0.00220	30.68841	0.00211	31.40285	0.00115	30.61194	0.00123	28.20385
28	0.00108	36.81190	0.00227	30.83323	0.00216	31.54943	0.00116	30.64402	0.00124	28.21423
29	0.00110	36.89912	0.00233	30.93667	0.00221	31.65412	0.00117	30.66693	0.00124	28.22165
30	0.00112	36.95145	0.00239	30.99873	0.00227	31.71694	0.00118	30.68068	0.00125	28.22611
31	0.00114	36.96890	0.00245	31.01942	0.00232	31.73788	0.00119	30.68526	0.00126	28.22759

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48: Tabulación general (Parte 3), compresión paralela a las fibras de probetas con nodo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C//11 CN		CÓDIGO DE PROB. C//12 CN		CÓDIGO DE PROB. C//13 CN		CÓDIGO DE PROB. C//14 CN		CÓDIGO DE PROB. C//15 CN	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00007	2.34193	0.00008	2.29100	0.00007	2.01062	0.00009	2.28291	0.00009	4.05605
3	0.00015	4.68385	0.00017	4.58199	0.00015	4.02124	0.00018	4.56581	0.00017	8.11210
4	0.00022	7.02578	0.00025	6.87299	0.00022	6.03185	0.00027	6.84872	0.00026	12.16815
5	0.00029	9.36771	0.00034	9.16399	0.00030	8.04247	0.00036	9.13162	0.00034	16.22420
6	0.00036	11.70963	0.00042	11.45499	0.00037	10.05309	0.00044	11.41453	0.00043	20.28025
7	0.00044	14.05156	0.00051	13.74598	0.00045	12.06371	0.00053	13.69743	0.00052	24.33630
8	0.00051	16.39349	0.00059	16.03698	0.00052	14.07432	0.00062	15.98034	0.00060	28.39235
9	0.00058	18.73541	0.00068	18.32798	0.00060	16.08494	0.00071	18.26324	0.00069	32.44840
10	0.00066	21.07734	0.00076	20.61897	0.00067	18.09556	0.00080	20.54615	0.00077	36.50445
11	0.00073	23.41927	0.00085	22.90997	0.00075	20.10618	0.00089	22.82905	0.00086	40.56050
12	0.00075	23.92046	0.00088	23.55971	0.00079	20.74427	0.00091	23.11920	0.00088	41.33984
13	0.00078	24.39595	0.00091	24.17613	0.00083	21.34965	0.00092	23.39447	0.00090	42.07922
14	0.00080	24.84573	0.00093	24.75923	0.00086	21.92230	0.00094	23.65486	0.00092	42.77862
15	0.00082	25.26982	0.00096	25.30901	0.00090	22.46222	0.00095	23.90037	0.00094	43.43806
16	0.00085	25.66820	0.00099	25.82547	0.00094	22.96943	0.00097	24.13100	0.00096	44.05754
17	0.00087	26.04088	0.00102	26.30861	0.00098	23.44391	0.00098	24.34675	0.00098	44.63705
18	0.00089	26.38786	0.00105	26.75843	0.00102	23.88567	0.00100	24.54762	0.00100	45.17659
19	0.00092	26.70913	0.00108	27.17493	0.00106	24.29471	0.00102	24.73361	0.00102	45.67617
20	0.00094	27.00471	0.00110	27.55811	0.00110	24.67102	0.00103	24.90472	0.00104	46.13578
21	0.00096	27.27458	0.00113	27.90797	0.00113	25.01461	0.00105	25.06095	0.00106	46.55542
22	0.00099	27.51875	0.00116	28.22451	0.00117	25.32548	0.00106	25.20231	0.00108	46.93510
23	0.00101	27.73722	0.00119	28.50773	0.00121	25.60362	0.00108	25.32878	0.00111	47.27481
24	0.00103	27.92998	0.00122	28.75763	0.00125	25.84904	0.00109	25.44038	0.00113	47.57456
25	0.00106	28.09705	0.00125	28.97421	0.00129	26.06174	0.00111	25.53709	0.00115	47.83434
26	0.00108	28.23841	0.00127	29.15747	0.00133	26.24172	0.00113	25.61893	0.00117	48.05415
27	0.00110	28.35407	0.00130	29.30741	0.00136	26.38897	0.00114	25.68589	0.00119	48.23400
28	0.00113	28.44402	0.00133	29.42403	0.00140	26.50350	0.00116	25.73796	0.00121	48.37388
29	0.00115	28.50828	0.00136	29.50732	0.00144	26.58531	0.00117	25.77516	0.00123	48.47380
30	0.00117	28.54683	0.00139	29.55730	0.00148	26.63439	0.00119	25.79748	0.00125	48.53375
31	0.00120	28.55968	0.00142	29.57396	0.00152	26.65075	0.00120	25.80492	0.00127	48.55373

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49: Tabulación general (Parte 4), compresión paralela a las fibras de probetas con nodo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C//16 CN		CÓDIGO DE PROB. C//17 CN		CÓDIGO DE PROB. C//18 CN		CÓDIGO DE PROB. C//19 CN		CÓDIGO DE PROB. C//20 CN		PROMEDIO TABULACIÓN PTO. A PTO.	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		M(X)	M(Y)
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00006	2.07076	0.00006	2.03666	0.00008	1.96338	0.00007	3.65236	0.00006	3.32666	0.00008	2.70333
3	0.00012	4.14152	0.00012	4.07331	0.00016	3.92675	0.00014	7.30472	0.00012	6.65332	0.00017	5.40666
4	0.00018	6.21229	0.00018	6.10997	0.00024	5.89013	0.00020	10.95709	0.00017	9.97998	0.00025	8.10999
5	0.00023	8.28305	0.00024	8.14663	0.00032	7.85351	0.00027	14.60945	0.00023	13.30663	0.00034	10.81333
6	0.00029	10.35381	0.00030	10.18328	0.00040	9.81689	0.00034	18.26181	0.00029	16.63329	0.00042	13.51666
7	0.00035	12.42457	0.00036	12.21994	0.00048	11.78026	0.00041	21.91417	0.00035	19.95995	0.00050	16.21999
8	0.00041	14.49533	0.00042	14.25659	0.00056	13.74364	0.00048	25.56654	0.00041	23.28661	0.00059	18.92332
9	0.00047	16.56609	0.00048	16.29325	0.00064	15.70702	0.00054	29.21890	0.00047	26.61327	0.00067	21.62665
10	0.00053	18.63686	0.00054	18.32991	0.00072	17.67039	0.00061	32.87126	0.00052	29.93993	0.00076	24.32998
11	0.00058	20.70762	0.00060	20.36656	0.00080	19.63377	0.00068	36.52362	0.00058	33.26658	0.00084	27.03331
12	0.00061	21.42283	0.00062	20.86143	0.00083	20.06361	0.00071	37.60545	0.00062	34.31250	0.00087	27.62820
13	0.00063	22.10137	0.00064	21.33092	0.00086	20.47141	0.00075	38.63180	0.00066	35.30478	0.00089	28.19258
14	0.00066	22.74322	0.00066	21.77503	0.00090	20.85717	0.00078	39.60268	0.00070	36.24342	0.00092	28.72646
15	0.00068	23.34840	0.00068	22.19377	0.00093	21.22088	0.00082	40.51807	0.00074	37.12842	0.00095	29.22983
16	0.00071	23.91691	0.00070	22.58712	0.00097	21.56255	0.00086	41.37799	0.00078	37.95979	0.00097	29.70269
17	0.00073	24.44873	0.00072	22.95510	0.00100	21.88218	0.00089	42.18242	0.00082	38.73752	0.00100	30.14504
18	0.00075	24.94388	0.00074	23.29770	0.00103	22.17976	0.00093	42.93138	0.00086	39.46162	0.00103	30.55689
19	0.00078	25.40235	0.00076	23.61493	0.00107	22.45530	0.00096	43.62486	0.00090	40.13208	0.00106	30.93822
20	0.00080	25.82414	0.00077	23.90677	0.00110	22.70880	0.00100	44.26287	0.00094	40.74890	0.00108	31.28906
21	0.00083	26.20926	0.00079	24.17324	0.00113	22.94025	0.00103	44.84539	0.00098	41.31208	0.00111	31.60938
22	0.00085	26.55769	0.00081	24.41433	0.00117	23.14966	0.00107	45.37244	0.00102	41.82163	0.00114	31.89920
23	0.00088	26.86945	0.00083	24.63004	0.00120	23.33703	0.00110	45.84400	0.00106	42.27754	0.00116	32.15851
24	0.00090	27.14454	0.00085	24.82037	0.00124	23.50235	0.00114	46.26009	0.00110	42.67982	0.00119	32.38731
25	0.00092	27.38294	0.00087	24.98533	0.00127	23.64563	0.00117	46.62070	0.00114	43.02846	0.00122	32.58561
26	0.00095	27.58467	0.00089	25.12491	0.00130	23.76687	0.00121	46.92583	0.00118	43.32346	0.00124	32.75340
27	0.00097	27.74972	0.00091	25.23911	0.00134	23.86606	0.00124	47.17549	0.00122	43.56483	0.00127	32.89068
28	0.00100	27.87809	0.00093	25.32793	0.00137	23.94321	0.00128	47.36966	0.00126	43.75256	0.00130	32.99745
29	0.00102	27.96978	0.00095	25.39138	0.00141	23.99832	0.00131	47.50836	0.00130	43.88665	0.00132	33.07372
30	0.00104	28.02480	0.00097	25.42944	0.00144	24.03139	0.00135	47.59157	0.00134	43.96711	0.00135	33.11948
31	0.00107	28.04314	0.00099	25.44213	0.00147	24.04241	0.00138	47.61931	0.00138	43.99393	0.00138	33.13474

Fuente: Elaboración propia.

LÍNEAS DE TENDENCIA PROMEDIO
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA

Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo
(BAMBU; *Guadua angustifolia* Kunth)

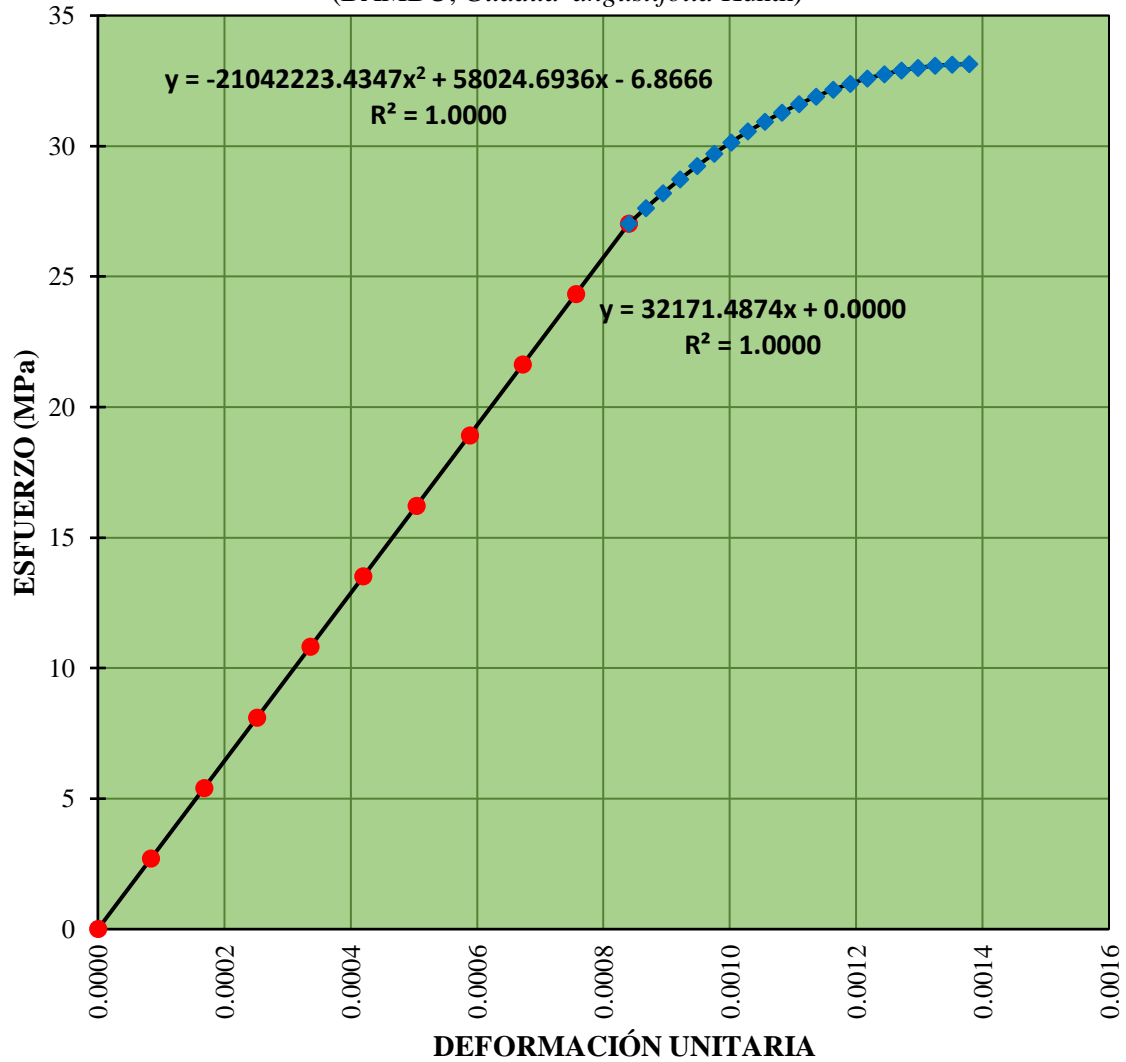


Figura 22. Curva ajustada de ensayo a Compresión Paralela a la Fibra – Con Nodo.

Fuente: Elaboración propia.

* $R^2 = 1$, puntos obtenidos estrictamente de las funciones desplazadas y tratadas según el ítem 2.6.2.2.

Tabla 50: Modelamiento Matemático de Comportamiento, Punto de Fluencia, Punto de Rotura y Tabulación Promedio Final: compresión paralela a la fibra, probetas con nodo.

Teniendo la línea de tendencia promedio, Esfuerzo vs Deformación Unitaria para compresión paralela a la fibra, para la *Guadua angustifolia Kunth* a ceros:

Luego de efectuar la traslación de la línea de Tendencia promedio, la función que predecirá el COMPORTAMIENTO ELÁSTICO PROMEDIO, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, para compresión paralela a la fibra será:

$$Y = 32171.4874x$$

Luego de efectuar la traslación de la línea de Tendencia promedio, la función que predecirá el COMPORTAMIENTO PLÁSTICO PROMEDIO, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, para compresión paralela a la fibra será:

$$Y = -21042223.4347x^2 + 58024.6936x - 6.8666$$

El punto de intersección entre ambas curvas que vendría a representar el punto correspondiente en el Límite proporcional será:

$$(x,y) = (0.000840288, 27.03331494)$$

El vértice de la parábola de la función cuadrática, que vendría a representar el punto correspondiente al esfuerzo de rotura, será:

$$V = (0.001378768, 33.13473561)$$

Fuente: Elaboración propia.

PROMEDIO TABULACIÓN PTO. A PTO.	
M(X)	M(Y)
0.00000	0.00000
0.00008	2.70333
0.00017	5.40666
0.00025	8.10999
0.00034	10.81333
0.00042	13.51666
0.00050	16.21999
0.00059	18.92332
0.00067	21.62665
0.00076	24.32998
0.00084	27.03331
0.00087	27.62820
0.00089	28.19258
0.00092	28.72646
0.00095	29.22983
0.00097	29.70269
0.00100	30.14504
0.00103	30.55689
0.00106	30.93822
0.00108	31.28906
0.00111	31.60938
0.00114	31.89920
0.00116	32.15851
0.00119	32.38731
0.00122	32.58561
0.00124	32.75340
0.00127	32.89068
0.00130	32.99745
0.00132	33.07372
0.00135	33.11948
0.00138	33.13474

LÍNEAS DE TENDENCIA PROMEDIO
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA

Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo
(Bambú; *Guadua angustifolia* Kunth)

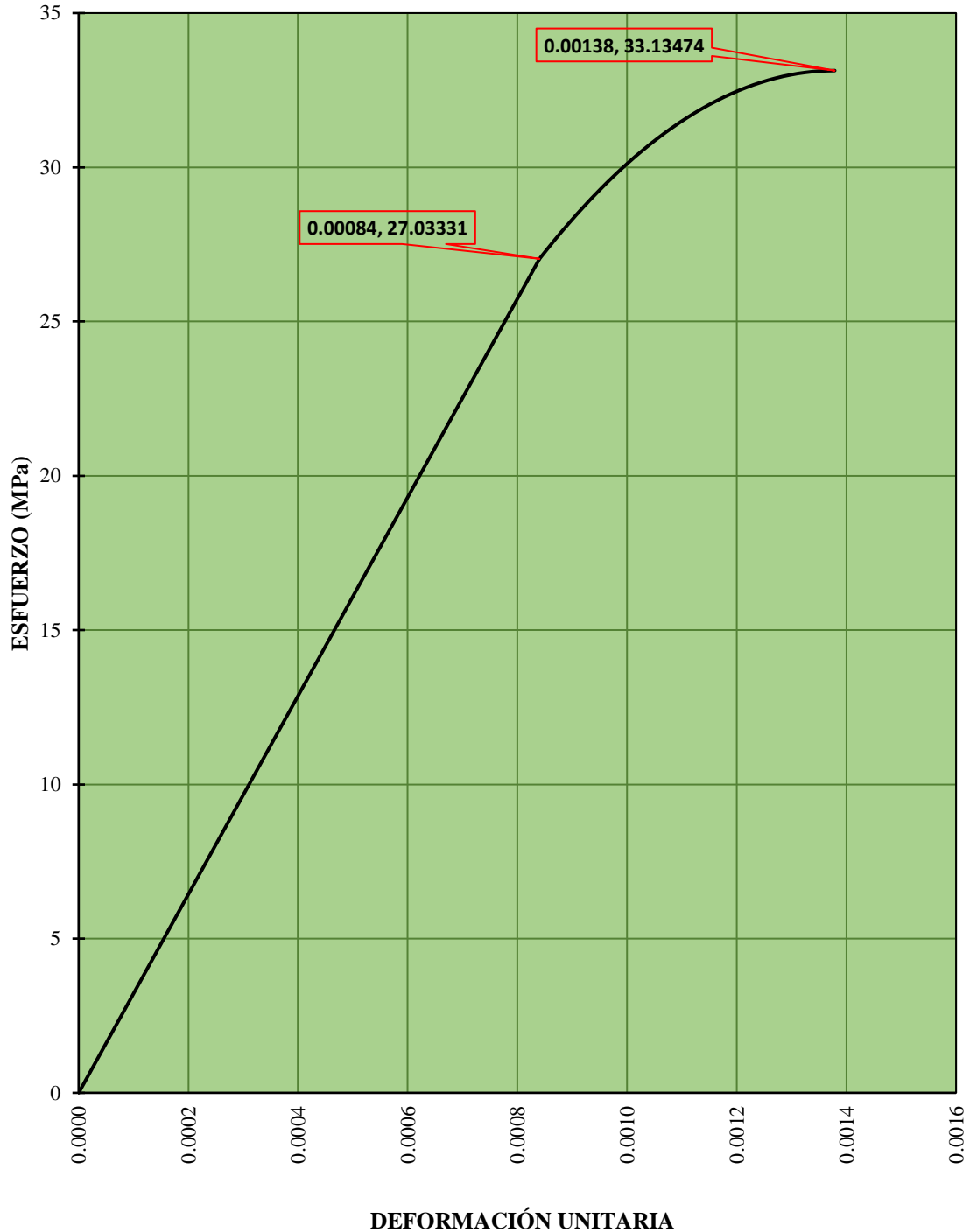


Figura 23. Curva de comportamiento promedio: Compresión Paralela a la Fibra – Probetas Con Nodo.

Fuente: Elaboración propia.

ABANICO DE CURVAS DE COMPORTAMIENTO
ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA

Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo
(Bambú; *Guadua angustifolia* Kunth)

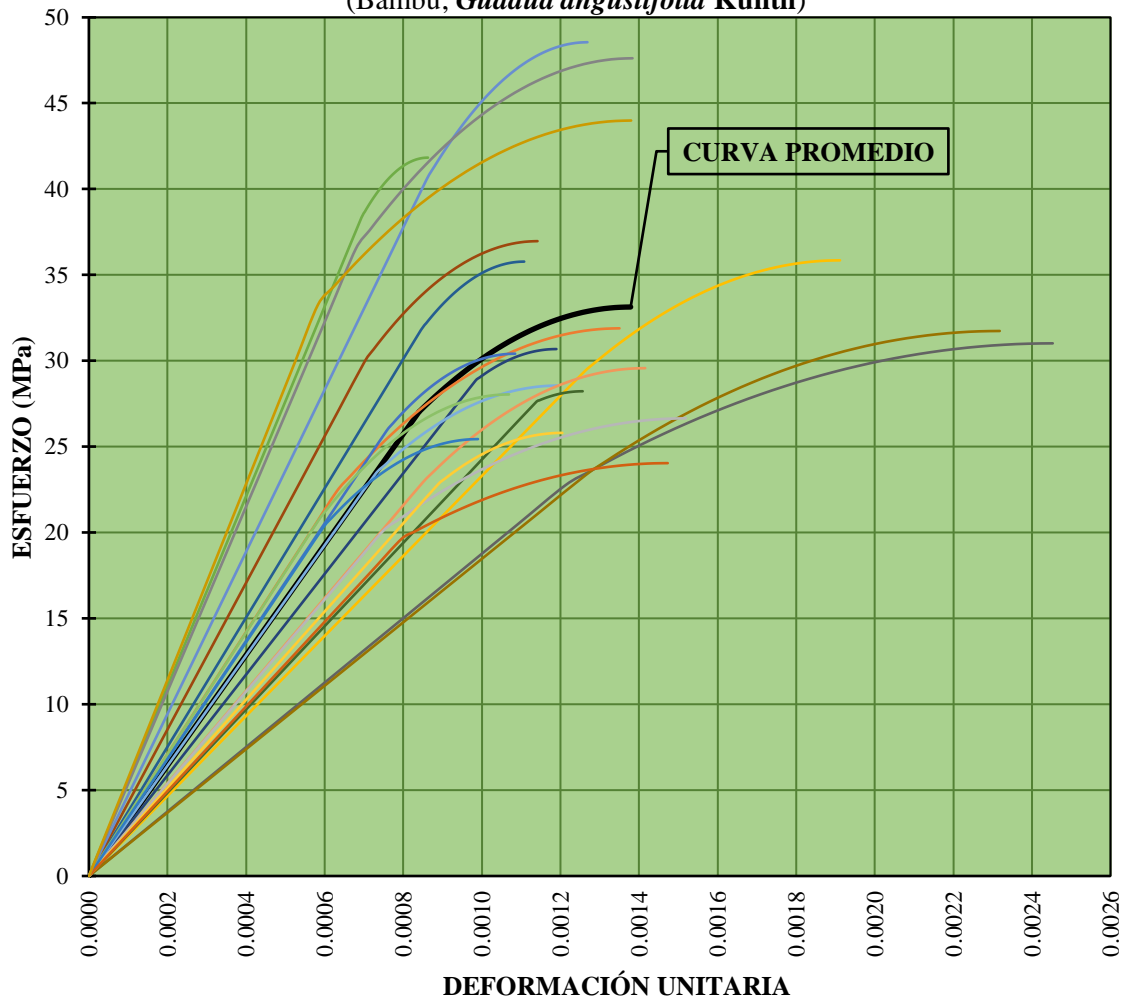


Figura 24. Curva de Comportamiento Promedio y Curvas de Comportamiento de todas las probetas sometidas a Compresión Paralela a la Fibra (Probetas Con Nodo).

Fuente: Elaboración propia.

B. Compresión Paralela a la Fibra – Sin Nudo:

Tabla 51: Tabulación general (Parte 1), compresión paralela a las fibras de probetas sin nudo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C//1 SN		CÓDIGO DE PROB. C//2 SN		CÓDIGO DE PROB. C//3 SN		CÓDIGO DE PROB. C//4 SN		CÓDIGO DE PROB. C//5 SN	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00005	2.44946	0.00012	2.07002	0.00006	1.84084	0.00008	2.47034	0.00011	2.85640
3	0.00010	4.89892	0.00024	4.14004	0.00012	3.68169	0.00016	4.94067	0.00022	5.71280
4	0.00014	7.34838	0.00037	6.21005	0.00017	5.52253	0.00024	7.41101	0.00033	8.56919
5	0.00019	9.79784	0.00049	8.28007	0.00023	7.36337	0.00032	9.88134	0.00044	11.42559
6	0.00024	12.24730	0.00061	10.35009	0.00029	9.20422	0.00040	12.35168	0.00055	14.28199
7	0.00029	14.69676	0.00073	12.42011	0.00035	11.04506	0.00048	14.82201	0.00065	17.13839
8	0.00034	17.14622	0.00085	14.49013	0.00041	12.88590	0.00056	17.29235	0.00076	19.99478
9	0.00038	19.59568	0.00098	16.56015	0.00047	14.72675	0.00064	19.76269	0.00087	22.85118
10	0.00043	22.04514	0.00110	18.63016	0.00052	16.56759	0.00073	22.23302	0.00098	25.70758
11	0.00048	24.49460	0.00122	20.70018	0.00058	18.40843	0.00081	24.70336	0.00109	28.56398
12	0.00050	25.11625	0.00125	21.10068	0.00063	19.40642	0.00083	25.35571	0.00110	28.60918
13	0.00052	25.70602	0.00127	21.48064	0.00067	20.35323	0.00086	25.97461	0.00110	28.65206
14	0.00054	26.26392	0.00130	21.84006	0.00072	21.24886	0.00089	26.56006	0.00111	28.69262
15	0.00056	26.78993	0.00133	22.17895	0.00076	22.09331	0.00091	27.11205	0.00111	28.73086
16	0.00059	27.28407	0.00136	22.49729	0.00080	22.88659	0.00094	27.63059	0.00111	28.76679
17	0.00061	27.74632	0.00138	22.79510	0.00085	23.62869	0.00097	28.11567	0.00112	28.80040
18	0.00063	28.17670	0.00141	23.07237	0.00089	24.31960	0.00100	28.56730	0.00112	28.83169
19	0.00065	28.57519	0.00144	23.32910	0.00094	24.95934	0.00102	28.98548	0.00113	28.86066
20	0.00067	28.94181	0.00147	23.56529	0.00098	25.54790	0.00105	29.37020	0.00113	28.88732
21	0.00069	29.27655	0.00150	23.78094	0.00102	26.08528	0.00108	29.72147	0.00114	28.91166
22	0.00071	29.57940	0.00152	23.97606	0.00107	26.57148	0.00110	30.03928	0.00114	28.93368
23	0.00073	29.85038	0.00155	24.15063	0.00111	27.00650	0.00113	30.32364	0.00115	28.95338
24	0.00076	30.08948	0.00158	24.30467	0.00116	27.39034	0.00116	30.57455	0.00115	28.97076
25	0.00078	30.29670	0.00161	24.43817	0.00120	27.72301	0.00119	30.79200	0.00116	28.98583
26	0.00080	30.47203	0.00163	24.55113	0.00125	28.00449	0.00121	30.97600	0.00116	28.99858
27	0.00082	30.61549	0.00166	24.64355	0.00129	28.23480	0.00124	31.12654	0.00117	29.00901
28	0.00084	30.72707	0.00169	24.71544	0.00133	28.41392	0.00127	31.24363	0.00117	29.01712
29	0.00086	30.80677	0.00172	24.76678	0.00138	28.54187	0.00129	31.32727	0.00118	29.02291
30	0.00088	30.85459	0.00174	24.79759	0.00142	28.61864	0.00132	31.37745	0.00118	29.02639
31	0.00090	30.87053	0.00177	24.80786	0.00147	28.64424	0.00135	31.39417	0.00119	29.02755

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52: Tabulación general (Parte 2), compresión paralela a las fibras de probetas sin nodo.

Nº	CÓDIGO DE PROB. C//6 SN		CÓDIGO DE PROB. C//7 SN		CÓDIGO DE PROB. C//8 SN		CÓDIGO DE PROB. C//9 SN		CÓDIGO DE PROB. C//10 SN	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00009	2.53060	0.00008	2.36287	0.00009	2.65195	0.00008	2.22821	0.00007	2.10808
3	0.00018	5.06119	0.00015	4.72574	0.00018	5.30390	0.00016	4.45642	0.00014	4.21616
4	0.00027	7.59179	0.00023	7.08861	0.00026	7.95585	0.00024	6.68463	0.00021	6.32424
5	0.00035	10.12239	0.00031	9.45148	0.00035	10.60779	0.00033	8.91284	0.00029	8.43232
6	0.00044	12.65298	0.00039	11.81435	0.00044	13.25974	0.00041	11.14105	0.00036	10.54040
7	0.00053	15.18358	0.00046	14.17722	0.00053	15.91169	0.00049	13.36927	0.00043	12.64848
8	0.00062	17.71418	0.00054	16.54009	0.00061	18.56364	0.00057	15.59748	0.00050	14.75655
9	0.00071	20.24477	0.00062	18.90296	0.00070	21.21559	0.00065	17.82569	0.00057	16.86463
10	0.00080	22.77537	0.00070	21.26583	0.00079	23.86754	0.00073	20.05390	0.00064	18.97271
11	0.00089	25.30596	0.00077	23.62716	0.00088	26.51948	0.00082	22.28211	0.00071	21.08079
12	0.00090	25.54825	0.00079	23.97186	0.00090	27.00732	0.00084	22.59743	0.00075	21.48918
13	0.00092	25.77812	0.00080	24.29889	0.00093	27.47015	0.00087	22.89658	0.00078	21.87662
14	0.00094	25.99555	0.00082	24.60824	0.00095	27.90795	0.00090	23.17956	0.00081	22.24312
15	0.00096	26.20057	0.00083	24.89991	0.00097	28.32074	0.00093	23.44637	0.00084	22.58868
16	0.00097	26.39316	0.00085	25.17391	0.00100	28.70851	0.00096	23.69701	0.00088	22.91329
17	0.00099	26.57332	0.00086	25.43023	0.00102	29.07126	0.00098	23.93148	0.00091	23.21696
18	0.00101	26.74106	0.00088	25.66887	0.00104	29.40900	0.00101	24.14978	0.00094	23.49969
19	0.00102	26.89637	0.00090	25.88984	0.00107	29.72171	0.00104	24.35190	0.00097	23.76148
20	0.00104	27.03926	0.00091	26.09312	0.00109	30.00941	0.00107	24.53786	0.00101	24.00232
21	0.00106	27.16972	0.00093	26.27873	0.00112	30.27210	0.00110	24.70765	0.00104	24.22222
22	0.00108	27.28776	0.00094	26.44667	0.00114	30.50976	0.00112	24.86127	0.00107	24.42118
23	0.00109	27.39337	0.00096	26.59692	0.00116	30.72241	0.00115	24.99872	0.00110	24.59919
24	0.00111	27.48656	0.00097	26.72950	0.00119	30.91004	0.00118	25.11999	0.00114	24.75627
25	0.00113	27.56732	0.00099	26.84440	0.00121	31.07265	0.00121	25.22510	0.00117	24.89239
26	0.00114	27.63566	0.00100	26.94163	0.00123	31.21025	0.00124	25.31404	0.00120	25.00758
27	0.00116	27.69157	0.00102	27.02118	0.00126	31.32283	0.00126	25.38680	0.00123	25.10182
28	0.00118	27.73506	0.00103	27.08305	0.00128	31.41039	0.00129	25.44340	0.00126	25.17512
29	0.00120	27.76612	0.00105	27.12724	0.00131	31.47293	0.00132	25.48382	0.00130	25.22748
30	0.00121	27.78476	0.00106	27.15376	0.00133	31.51046	0.00135	25.50808	0.00133	25.25889
31	0.00123	27.79097	0.00108	27.16259	0.00135	31.52297	0.00138	25.61649	0.00136	25.26937

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53: Tabulación general (Parte 3), compresión paralela a las fibras de probetas sin nodo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C//11 SN		CÓDIGO DE PROB. C//12 SN		CÓDIGO DE PROB. C//13 SN		CÓDIGO DE PROB. C//14 SN		CÓDIGO DE PROB. C//15 SN	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00007	1.96512	0.00006	2.00634	0.00008	2.60518	0.00007	1.77472	0.00008	1.97822
3	0.00013	3.93024	0.00012	4.01268	0.00016	5.21036	0.00013	3.54943	0.00016	3.95644
4	0.00020	5.89537	0.00018	6.01902	0.00024	7.81553	0.00020	5.32415	0.00024	5.93467
5	0.00027	7.86049	0.00024	8.02536	0.00031	10.42071	0.00026	7.09886	0.00031	7.91289
6	0.00034	9.82561	0.00030	10.03169	0.00039	13.02589	0.00033	8.87358	0.00039	9.89111
7	0.00040	11.79073	0.00036	12.03803	0.00047	15.63107	0.00039	10.64829	0.00047	11.86933
8	0.00047	13.75586	0.00042	14.04437	0.00055	18.23624	0.00046	12.42301	0.00055	13.84755
9	0.00054	15.72098	0.00048	16.05071	0.00063	20.84142	0.00053	14.19772	0.00063	15.82578
10	0.00061	17.68610	0.00054	18.05705	0.00071	23.44660	0.00059	15.97244	0.00071	17.80400
11	0.00067	19.65122	0.00060	20.06339	0.00079	26.05178	0.00066	17.74715	0.00078	19.78222
12	0.00069	20.00796	0.00062	20.48233	0.00082	27.07517	0.00068	18.11264	0.00081	20.11831
13	0.00071	20.34640	0.00064	20.87980	0.00086	28.04608	0.00069	18.45939	0.00084	20.43716
14	0.00073	20.66655	0.00065	21.25577	0.00089	28.96450	0.00071	18.78740	0.00087	20.73878
15	0.00075	20.96840	0.00067	21.61027	0.00093	29.83045	0.00073	19.09666	0.00090	21.02316
16	0.00077	21.25196	0.00068	21.94328	0.00096	30.64391	0.00075	19.38718	0.00093	21.29031
17	0.00079	21.51723	0.00070	22.25480	0.00099	31.40490	0.00077	19.65895	0.00096	21.54022
18	0.00081	21.76420	0.00072	22.54484	0.00103	32.11340	0.00078	19.91199	0.00099	21.77289
19	0.00083	21.99287	0.00073	22.81339	0.00106	32.76942	0.00080	20.14628	0.00102	21.98833
20	0.00085	22.20326	0.00075	23.06046	0.00110	33.37295	0.00082	20.36182	0.00105	22.18654
21	0.00087	22.39534	0.00077	23.28605	0.00113	33.92401	0.00084	20.55863	0.00108	22.36751
22	0.00089	22.56914	0.00078	23.49015	0.00117	34.42259	0.00086	20.73669	0.00111	22.53125
23	0.00091	22.72464	0.00080	23.67277	0.00120	34.86868	0.00087	20.89600	0.00114	22.67775
24	0.00093	22.86184	0.00081	23.83390	0.00124	35.26229	0.00089	21.03658	0.00117	22.80701
25	0.00095	22.98076	0.00083	23.97355	0.00127	35.60342	0.00091	21.15841	0.00120	22.91904
26	0.00097	23.08137	0.00085	24.09171	0.00131	35.89207	0.00093	21.26150	0.00123	23.01383
27	0.00099	23.16370	0.00086	24.18839	0.00134	36.12824	0.00095	21.34584	0.00126	23.09139
28	0.00101	23.22773	0.00088	24.26359	0.00138	36.31192	0.00096	21.41144	0.00129	23.15172
29	0.00103	23.27346	0.00089	24.31730	0.00141	36.44313	0.00098	21.45830	0.00132	23.19480
30	0.00105	23.30090	0.00091	24.34952	0.00145	36.52185	0.00100	21.48641	0.00135	23.22066
31	0.00107	23.31005	0.00093	24.36026	0.00148	36.54809	0.00102	21.49578	0.00138	23.22927

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Tabulación general (Parte 4), compresión paralela a las fibras de probetas sin nodo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C//16 SN		CÓDIGO DE PROB. C//17 SN		CÓDIGO DE PROB. C//18 SN		CÓDIGO DE PROB. C//19 SN		CÓDIGO DE PROB. C//20 SN		PROMEDIO TABULACIÓN PTO. A PTO.	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		M(X)	M(Y)
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00006	1.90996	0.00006	2.03666	0.00008	1.77088	0.00007	2.02256	0.00006	1.66756	0.00007	2.16530
3	0.00012	3.81992	0.00012	4.07331	0.00016	3.54175	0.00013	4.04513	0.00011	3.33513	0.00015	4.33060
4	0.00018	5.72988	0.00018	6.10997	0.00024	5.31263	0.00020	6.06769	0.00017	5.00269	0.00022	6.49589
5	0.00023	7.63984	0.00024	8.14663	0.00032	7.08350	0.00027	8.09026	0.00023	6.67026	0.00030	8.66119
6	0.00029	9.54980	0.00030	10.18328	0.00040	8.85438	0.00034	10.11282	0.00029	8.33782	0.00037	10.82649
7	0.00035	11.45976	0.00036	12.21994	0.00048	10.62525	0.00040	12.13539	0.00034	10.00538	0.00045	12.99179
8	0.00041	13.36972	0.00042	14.25659	0.00056	12.39613	0.00047	14.15795	0.00040	11.67295	0.00052	15.15708
9	0.00047	15.27968	0.00048	16.29325	0.00064	14.16700	0.00054	16.18052	0.00046	13.34051	0.00060	17.32238
10	0.00053	17.18964	0.00054	18.32991	0.00072	15.93788	0.00061	18.20308	0.00052	15.00808	0.00067	19.48768
11	0.00058	19.09960	0.00060	20.36656	0.00080	17.70875	0.00067	20.22565	0.00057	16.67564	0.00075	21.65290
12	0.00061	19.75923	0.00062	20.86143	0.00083	18.09646	0.00069	20.58919	0.00060	17.11940	0.00077	22.12122
13	0.00063	20.38504	0.00064	21.33092	0.00086	18.46429	0.00070	20.93410	0.00062	17.54041	0.00080	22.56552
14	0.00066	20.97702	0.00066	21.77503	0.00090	18.81224	0.00072	21.26036	0.00064	17.93866	0.00082	22.98581
15	0.00068	21.53517	0.00068	22.19377	0.00093	19.14030	0.00073	21.56797	0.00066	18.31415	0.00084	23.38208
16	0.00071	22.05949	0.00070	22.58712	0.00097	19.44848	0.00075	21.85694	0.00068	18.66689	0.00087	23.75434
17	0.00073	22.54999	0.00072	22.95510	0.00100	19.73678	0.00077	22.12727	0.00070	18.99686	0.00089	24.10258
18	0.00075	23.00666	0.00074	23.29770	0.00103	20.00519	0.00078	22.37896	0.00072	19.30408	0.00091	24.42680
19	0.00078	23.42950	0.00076	23.61493	0.00107	20.25373	0.00080	22.61200	0.00074	19.58855	0.00094	24.72700
20	0.00080	23.81851	0.00077	23.90677	0.00110	20.48238	0.00081	22.82640	0.00076	19.85025	0.00096	25.00319
21	0.00083	24.17370	0.00079	24.17324	0.00113	20.69114	0.00083	23.02215	0.00079	20.08920	0.00099	25.25537
22	0.00085	24.49506	0.00081	24.41433	0.00117	20.88003	0.00084	23.19927	0.00081	20.30540	0.00101	25.48352
23	0.00088	24.78259	0.00083	24.63004	0.00120	21.04903	0.00086	23.35774	0.00083	20.49883	0.00103	25.68766
24	0.00090	25.03630	0.00085	24.82037	0.00124	21.19815	0.00087	23.49756	0.00085	20.66951	0.00106	25.86778
25	0.00092	25.25617	0.00087	24.98533	0.00127	21.32739	0.00089	23.61874	0.00087	20.81743	0.00108	26.02389
26	0.00095	25.44222	0.00089	25.12491	0.00130	21.43674	0.00090	23.72128	0.00089	20.94259	0.00110	26.15598
27	0.00097	25.59445	0.00091	25.23911	0.00134	21.52621	0.00092	23.80518	0.00091	21.04500	0.00113	26.26406
28	0.00100	25.71284	0.00093	25.32793	0.00137	21.59580	0.00093	23.87043	0.00093	21.12465	0.00115	26.34811
29	0.00102	25.79741	0.00095	25.39138	0.00141	21.64551	0.00095	23.91704	0.00095	21.18154	0.00118	26.40815
30	0.00104	25.84815	0.00097	25.42944	0.00144	21.67533	0.00096	23.94500	0.00098	21.21568	0.00120	26.44418
31	0.00107	25.86507	0.00099	25.44213	0.00147	21.68528	0.00098	23.95432	0.00100	21.22706	0.00122	26.46120

Fuente: Elaboración propia.

LÍNEAS DE TENDENCIA PROMEDIO
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA

Compresión Paralela a la Fibra Sin Nodo
(Bambú; *Guadua angustifolia* Kunth)

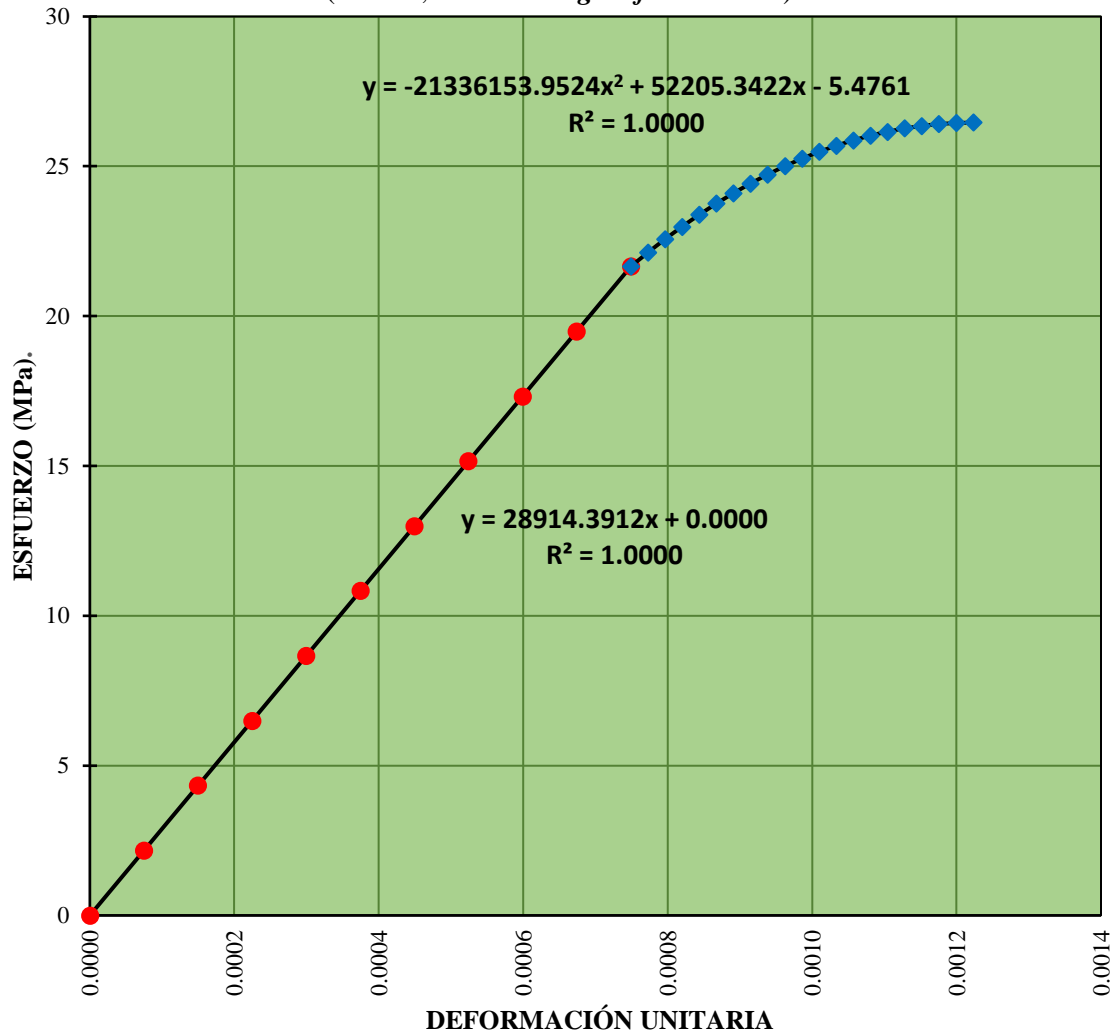


Figura 25. Curva ajustada de ensayo a Compresión Paralela a la Fibra – Sin Nodo.

Fuente: Elaboración propia.

* R²= 1, puntos obtenidos estrictamente de las funciones desplazadas y tratadas según el ítem 2.6.2.2.

Tabla 55: Modelamiento Matemático de Comportamiento, Punto de Fluencia, Punto de Rotura y Tabulación Promedio Final: compresión paralela a la fibra, probetas sin nodo.

Teniendo la línea de tendencia promedio, Esfuerzo vs Deformación Unitaria para compresión paralela a la fibra, para la *Guadua angustifolia* Kunth a ceros:

Luego de efectuar la traslación de la línea de Tendencia promedio, la función que predecirá el COMPORTAMIENTO ELÁSTICO PROMEDIO, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, para compresión paralela a la fibra será:

$$Y = 28914.3912x$$

Luego de efectuar la traslación de la línea de Tendencia promedio, la función que predecirá el COMPORTAMIENTO PLÁSTICO PROMEDIO, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, para compresión paralela a la fibra será:

$$Y = -21336153.9524x^2 + 52205.3422x - 5.4761$$

El punto de intersección entre ambas curvas que vendría a representar el punto correspondiente en el Límite proporcional será:

$$(x,y) = (0.000748864, 21.6529009)$$

El vértice de la parábola de la función cuadrática, que vendría a representar el punto correspondiente al esfuerzo de rotura, será:

$$V = (0.001223057, 26.46120296)$$

PROMEDIO TABULACIÓN PTO. A PTO.	
M(X)	M(Y)
0.00000	0.00000
0.00007	2.16530
0.00015	4.33060
0.00022	6.49589
0.00030	8.66119
0.00037	10.82649
0.00045	12.99179
0.00052	15.15708
0.00060	17.32238
0.00067	19.48768
0.00075	21.65290
0.00077	22.12122
0.00080	22.56552
0.00082	22.98581
0.00084	23.38208
0.00087	23.75434
0.00089	24.10258
0.00091	24.42680
0.00094	24.72700
0.00096	25.00319
0.00099	25.25537
0.00101	25.48352
0.00103	25.68766
0.00106	25.86778
0.00108	26.02389
0.00110	26.15598
0.00113	26.26406
0.00115	26.34811
0.00118	26.40815
0.00120	26.44418
0.00122	26.46120

Fuente: Elaboración propia.

LÍNEAS DE TENDENCIA PROMEDIO
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs. DEFORMACIÓN UNITARIA

Compresión Paralela a la Fibra Sin Nodo
(Bambú; *Guadua angustifolia* Kunth)

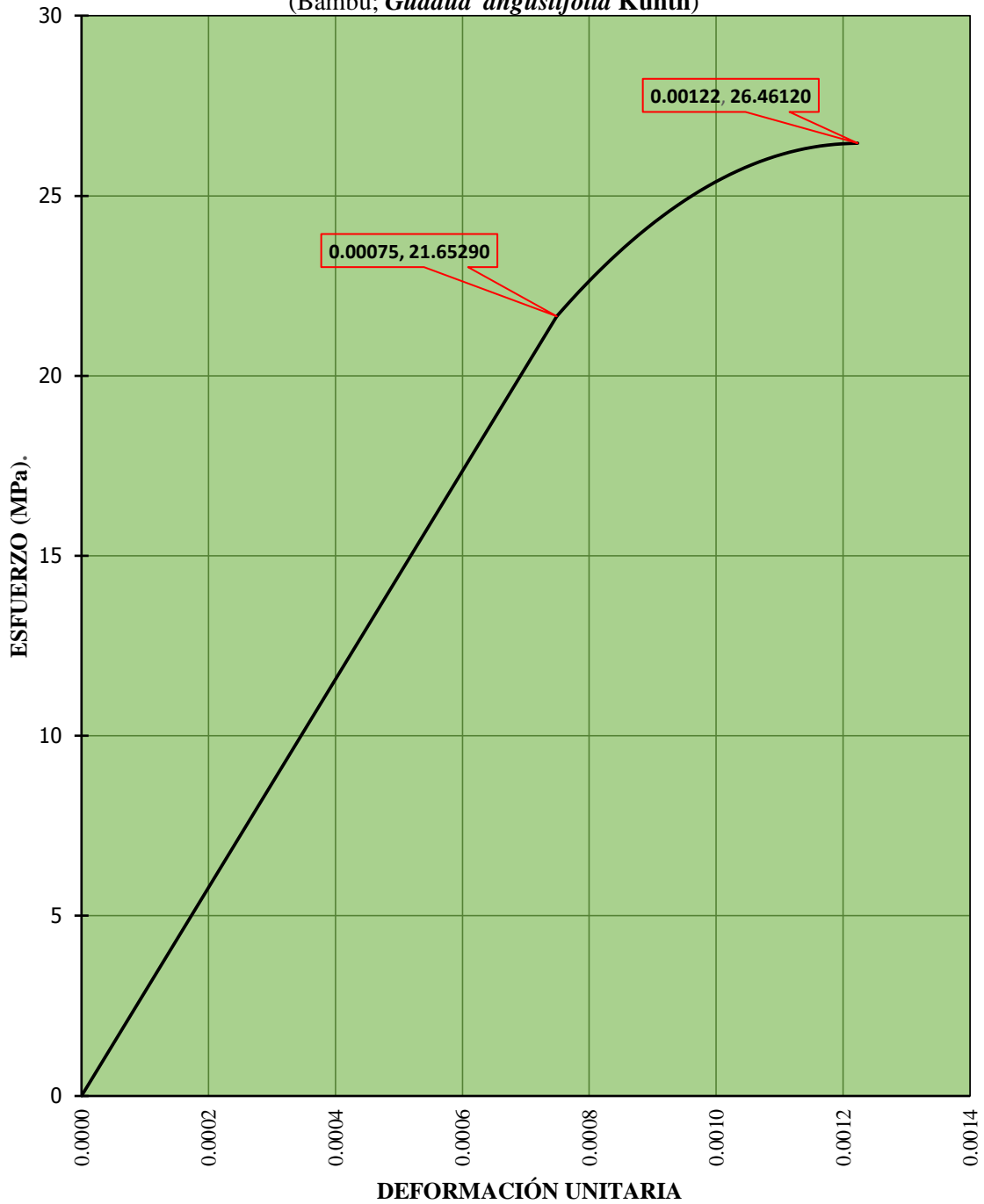


Figura 26. Curva de comportamiento promedio: Compresión Paralela a la Fibra – Probetas sin nodo.

Fuente: Elaboración propia.

**ABANICO DE CURVAS DE COMPORTAMIENTO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA**

Compresión Paralela a la Fibra Sin Nodo
(Bambú; *Guadua angustifolia* Kunth)

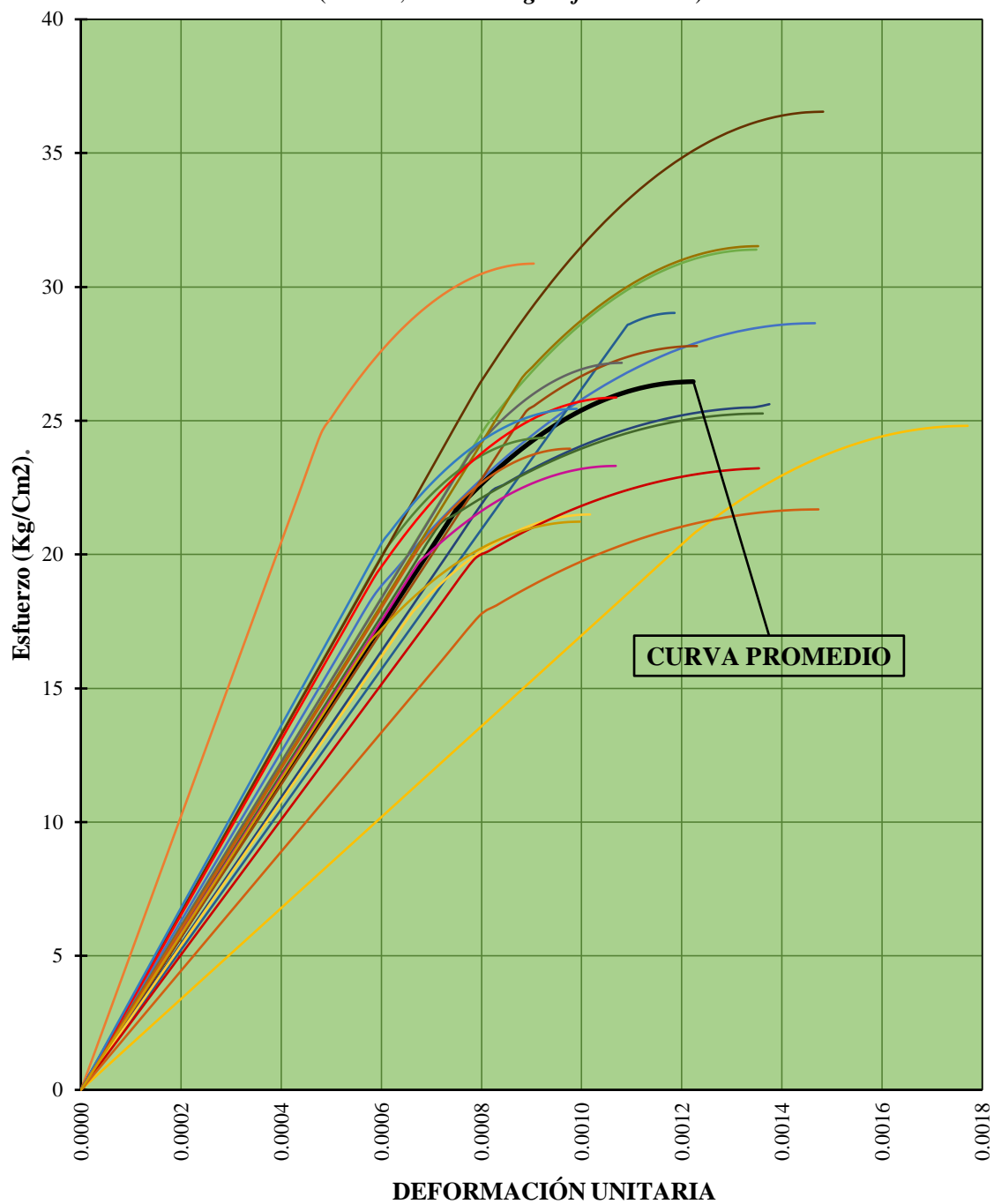


Figura 27. Curva de Comportamiento Promedio y Curvas de comportamiento de todas las probetas sometidas a Compresión Paralela a la Fibra (Probetas Sin Nodo).

Fuente: Elaboración propia.

COMPARACIÓN: COMPORTAMIENTO PROMEDIO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA

Compresión Paralela a la Fibra Con Nudo y Sin Nudo
(Bambú; *Guadua angustifolia* Kunth)

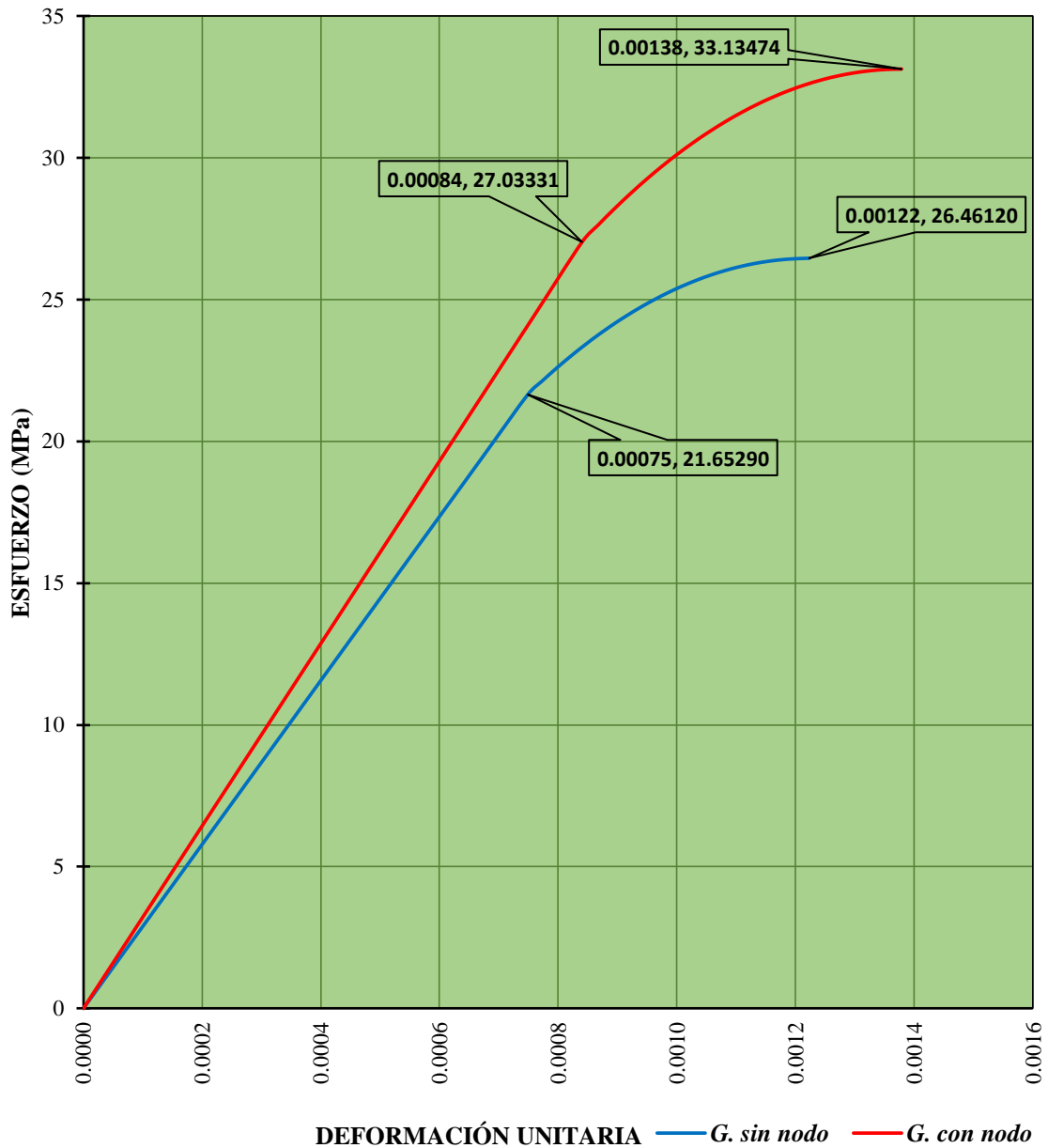


Figura 28. Comparación Gráfica Curva de Comportamiento Promedio Esfuerzo vs Deformación Unitaria de probetas ensayadas a Compresión Paralela a la Fibra Con Nudo y Sin Nudo.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.2.2. Procesamiento de datos: compresión perpendicular a la fibra

2.6.2.2.2.1. Tratamiento estadístico: compresión perpendicular a la fibra

Tabla 56: Procesamiento estadístico, compresión perpendicular a las fibras de probetas con nodo.

N°	CÓDIGO PROBETA	CONT. HUMEDAD %	PUNTO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL		MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)	ESFUERZO ADMISIBLE (MPa) Fc=1.00 Fs=1.80 Fdc=1.20
			Def. Unit.	Esfuerzo (MPa)		
			X	Y	$MOE = \frac{\sigma_{LP}}{Def. Unit.}$	$\sigma_{ADM} = \frac{Fc}{(F_s) \times (F_{dc})} \times \sigma_R$
1	C11	111.72	0.00325	41.89428	12905.705	19.395
2	C12	95.22	0.00339	53.32286	15720.609	24.687
3	C13	111.77	0.00459	51.09876	11123.996	23.657
4	C14	96.53	0.00397	36.70476	9240.390	16.993
5	C15	94.43	0.00469	45.72525	9753.022	21.169
6	C16	111.56	0.00356	47.64836	13392.003	22.059
7	C17	105.94	0.00439	41.02710	9336.678	18.994
8	C18	128.00	0.00334	40.57582	12155.357	18.785
9	C19	115.86	0.00311	44.91045	14438.727	20.792
	M(X)	107.89	0.00381	44.76752	12007.388	20.726
	S(D)	11.098	0.00061	5.331	2321.017	2.468
	CV%	10.286	16.128	11.908	19.330	11.908
	Límite de exclusión del 5%		0.00311	36.70476	9240.390	16.99294

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57: Procesamiento estadístico, compresión paralela a las fibras de probetas sin nodo.

N°	CÓDIGO PROBETA	CONT. HUMEDAD %	PUNTO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL		MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)	ESFUERZO ADMISIBLE (MPa)
			Def. Unit.	Esfuerzo (MPa)		$F_c=1.00$ $F_s=1.80$ $F_{dc}=1.20$ $\sigma_{ADM} = \frac{F_c}{(F_s) \times (F_{dc})} \times \sigma_R$
			X	Y	$MOE = \frac{\sigma_{LP}}{Def. Unit.}$	
1	C110	108.06	0.00285	8.09346	2840.909	3.747
2	C111	106.94	0.00334	5.95858	1786.122	2.759
3	C112	99.29	0.00262	6.08673	2325.590	2.818
4	C113	126.67	0.00262	11.89721	4549.189	5.508
5	C114	133.20	0.00181	10.41199	5759.142	4.820
6	C115	111.86	0.00181	6.32255	3500.000	2.927
7	C116	121.79	0.00066	2.14681	3270.257	0.994
8	C117	96.93	0.00161	4.70376	2925.356	2.178
9	C118	86.79	0.00194	6.38917	3299.996	2.958
10	C119	117.00	0.00206	6.36439	3091.255	2.946
11	C120	113.77	0.00288	21.51937	7468.263	9.963
12	C121	96.60	0.00168	9.19589	5473.153	4.257
13	C122	88.34	0.00182	9.04537	4965.636	4.188
14	C123	97.27	0.00194	11.09180	5729.030	5.135
15	C124	83.74	0.00198	11.90986	6003.151	5.514
16	C125	91.24	0.00145	7.43583	5142.059	3.443
17	C126	100.13	0.00219	8.56467	3913.531	3.965
18	C127	81.01	0.00230	5.42106	2357.464	2.510
19	C128	80.67	0.00086	3.90514	4539.134	1.808
20	C129	86.72	0.00187	8.41839	4496.584	3.897
	M(X)	101.401	0.00201	8.24410	4171.791	3.817
	S(D)	15.513	0.00065	4.073	1483.029	1.886
	CV%	15.298	32.164	49.408	35.549	49.408
	Límite de exclusión del 5%		0.00066	2.14681	1786.122	0.994

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.2.2. Construcción de curvas

A. Compresión Perpendicular a la Fibra – Con Nodo

Tabla 58: Tabulación general (Parte 1), compresión perpendicular a las fibras de probetas con nodo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C.11		CÓDIGO DE PROB. C.12		CÓDIGO DE PROB. C.13		CÓDIGO DE PROB. C.14		CÓDIGO DE PROB. C.15	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00032	4.18943	0.00034	5.33229	0.00046	5.10988	0.00040	3.67048	0.00047	4.57253
3	0.00065	8.37886	0.00068	10.66457	0.00092	10.21975	0.00079	7.34095	0.00094	9.14505
4	0.00097	12.56828	0.00102	15.99686	0.00138	15.32963	0.00119	11.01143	0.00141	13.71758
5	0.00130	16.75771	0.00136	21.32915	0.00184	20.43951	0.00159	14.68190	0.00188	18.29010
6	0.00162	20.94714	0.00170	26.66143	0.00230	25.54938	0.00199	18.35238	0.00234	22.86263
7	0.00195	25.13657	0.00204	31.99372	0.00276	30.65926	0.00238	22.02286	0.00281	27.43515
8	0.00227	29.32599	0.00237	37.32600	0.00322	35.76913	0.00278	25.69333	0.00328	32.00768
9	0.00260	33.51542	0.00271	42.65829	0.00367	40.87901	0.00318	29.36381	0.00375	36.58020
10	0.00292	37.70485	0.00305	47.99058	0.00413	45.98889	0.00357	33.03428	0.00422	41.15273
11	0.00325	41.89428	0.00339	53.32286	0.00459	51.09876	0.00397	36.70476	0.00469	45.72525
12	0.00330	42.65593	0.00346	54.51632	0.00467	52.08144	0.00407	37.65896	0.00475	46.44153
13	0.00336	43.34035	0.00354	55.52632	0.00475	52.93658	0.00416	38.55957	0.00480	47.05034
14	0.00341	43.96009	0.00361	56.38485	0.00483	53.69210	0.00426	39.41455	0.00486	47.57233
15	0.00346	44.52768	0.00368	57.12388	0.00491	54.37588	0.00435	40.23184	0.00492	48.02815
16	0.00352	45.05567	0.00376	57.77541	0.00499	55.01583	0.00445	41.01939	0.00498	48.43844
17	0.00357	45.55660	0.00383	58.37141	0.00507	55.63984	0.00454	41.78517	0.00503	48.82386
18	0.00363	46.04300	0.00390	58.94387	0.00515	56.27582	0.00464	42.53712	0.00509	49.20503
19	0.00368	46.52743	0.00398	59.52478	0.00523	56.95166	0.00473	43.28318	0.00515	49.60261
20	0.00374	47.02241	0.00405	60.14612	0.00531	57.69525	0.00483	44.03133	0.00521	50.03725
21	0.00379	47.54049	0.00412	60.83986	0.00539	58.53450	0.00492	44.78949	0.00526	50.52958
22	0.00385	48.09421	0.00419	61.63800	0.00547	59.49730	0.00502	45.56563	0.00532	51.10026
23	0.00390	48.69611	0.00427	62.57253	0.00555	60.61155	0.00511	46.36769	0.00538	51.76992
24	0.00396	49.35874	0.00434	63.67541	0.00563	61.90515	0.00521	47.20364	0.00544	52.55922
25	0.00401	50.09463	0.00441	64.97865	0.00571	63.40600	0.00530	48.08141	0.00549	53.48880
26	0.00407	50.91632	0.00449	66.51421	0.00579	65.14199	0.00540	49.00897	0.00555	54.57930
27	0.00412	51.83636	0.00456	68.31409	0.00587	67.14102	0.00549	49.99425	0.00561	55.85137
28	0.00418	52.86728	0.00463	70.41027	0.00595	69.43099	0.00559	51.04522	0.00567	57.32566
29	0.00423	54.02163	0.00470	72.83473	0.00603	72.03980	0.00568	52.16983	0.00572	59.02281
30	0.00429	55.31194	0.00478	75.61946	0.00611	74.99534	0.00578	53.37602	0.00578	60.96346
31	0.00434	56.75077	0.00485	78.79644	0.00619	78.32552	0.00587	54.67175	0.00584	63.16826

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59: Tabulación general (Parte 2), compresión perpendicular a las fibras de probetas con nodo.

Nº	CÓDIGO DE PROB. C16		CÓDIGO DE PROB. C17		CÓDIGO DE PROB. C18		CÓDIGO DE PROB. C19		PROMEDIO TABULACIÓN PTO. A PTO.	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		M(X)	M(Y)
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00036	4.76484	0.00044	4.10271	0.00033	4.05758	0.00031	4.49105	0.00038	4.47675
3	0.00071	9.52967	0.00088	8.20542	0.00067	8.11516	0.00062	8.98209	0.00076	8.95350
4	0.00107	14.29451	0.00132	12.30813	0.00100	12.17275	0.00093	13.47314	0.00114	13.43025
5	0.00142	19.05934	0.00176	16.41084	0.00134	16.23033	0.00124	17.96418	0.00152	17.90701
6	0.00178	23.82418	0.00220	20.51355	0.00167	20.28791	0.00156	22.45523	0.00191	22.38376
7	0.00213	28.58902	0.00264	24.61626	0.00200	24.34549	0.00187	26.94627	0.00229	26.86051
8	0.00249	33.35385	0.00308	28.71897	0.00234	28.40308	0.00218	31.43732	0.00267	31.33726
9	0.00285	38.11869	0.00352	32.82168	0.00267	32.46066	0.00249	35.92836	0.00305	35.81401
10	0.00320	42.88352	0.00395	36.92439	0.00300	36.51824	0.00280	40.41941	0.00343	40.29076
11	0.00356	47.64836	0.00439	41.02710	0.00334	40.57582	0.00311	44.91045	0.00381	44.76752
12	0.00362	48.57516	0.00444	41.48065	0.00339	41.28361	0.00318	46.03557	0.00388	45.63657
13	0.00369	49.41925	0.00448	41.87430	0.00345	41.93624	0.00325	47.06274	0.00394	46.41174
14	0.00376	50.19246	0.00452	42.21630	0.00350	42.54205	0.00333	48.00362	0.00401	47.10870
15	0.00382	50.90661	0.00456	42.51493	0.00356	43.10935	0.00340	48.86991	0.00407	47.74314
16	0.00389	51.57354	0.00460	42.77844	0.00361	43.64646	0.00347	49.67328	0.00414	48.33072
17	0.00396	52.20508	0.00464	43.01510	0.00367	44.16170	0.00354	50.42541	0.00421	48.88713
18	0.00402	52.81306	0.00469	43.23317	0.00372	44.66337	0.00361	51.13797	0.00427	49.42805
19	0.00409	53.40932	0.00473	43.44091	0.00377	45.15981	0.00369	51.82265	0.00434	49.96915
20	0.00416	54.00567	0.00477	43.64659	0.00383	45.65933	0.00376	52.49113	0.00441	50.52612
21	0.00422	54.61395	0.00481	43.85846	0.00388	46.17025	0.00383	53.15508	0.00447	51.11463
22	0.00429	55.24600	0.00485	44.08480	0.00394	46.70087	0.00390	53.82619	0.00454	51.75036
23	0.00436	55.91364	0.00490	44.33386	0.00399	47.25953	0.00397	54.51612	0.00460	52.44900
24	0.00442	56.62870	0.00494	44.61392	0.00405	47.85454	0.00405	55.23657	0.00467	53.22621
25	0.00449	57.40302	0.00498	44.93322	0.00410	48.49422	0.00412	55.99920	0.00474	54.09768
26	0.00456	58.24843	0.00502	45.30003	0.00416	49.18688	0.00419	56.81571	0.00480	55.07909
27	0.00462	59.17675	0.00506	45.72262	0.00421	49.94084	0.00426	57.69776	0.00487	56.18612
28	0.00469	60.19982	0.00510	46.20925	0.00427	50.76443	0.00433	58.65703	0.00493	57.43444
29	0.00476	61.32946	0.00515	46.76818	0.00432	51.66595	0.00441	59.70521	0.00500	58.83973
30	0.00482	62.57752	0.00519	47.40767	0.00438	52.65373	0.00448	60.85397	0.00507	60.41768
31	0.00489	63.95581	0.00523	48.13600	0.00443	53.73608	0.00455	62.11499	0.00513	62.18396

Fuente: Elaboración propia.

LÍNEAS DE TENDENCIA PROMEDIO
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA
 Compresión Perpendicular a la Fibra - Con Nodo
 (*Guadua angustifolia* Kunth)

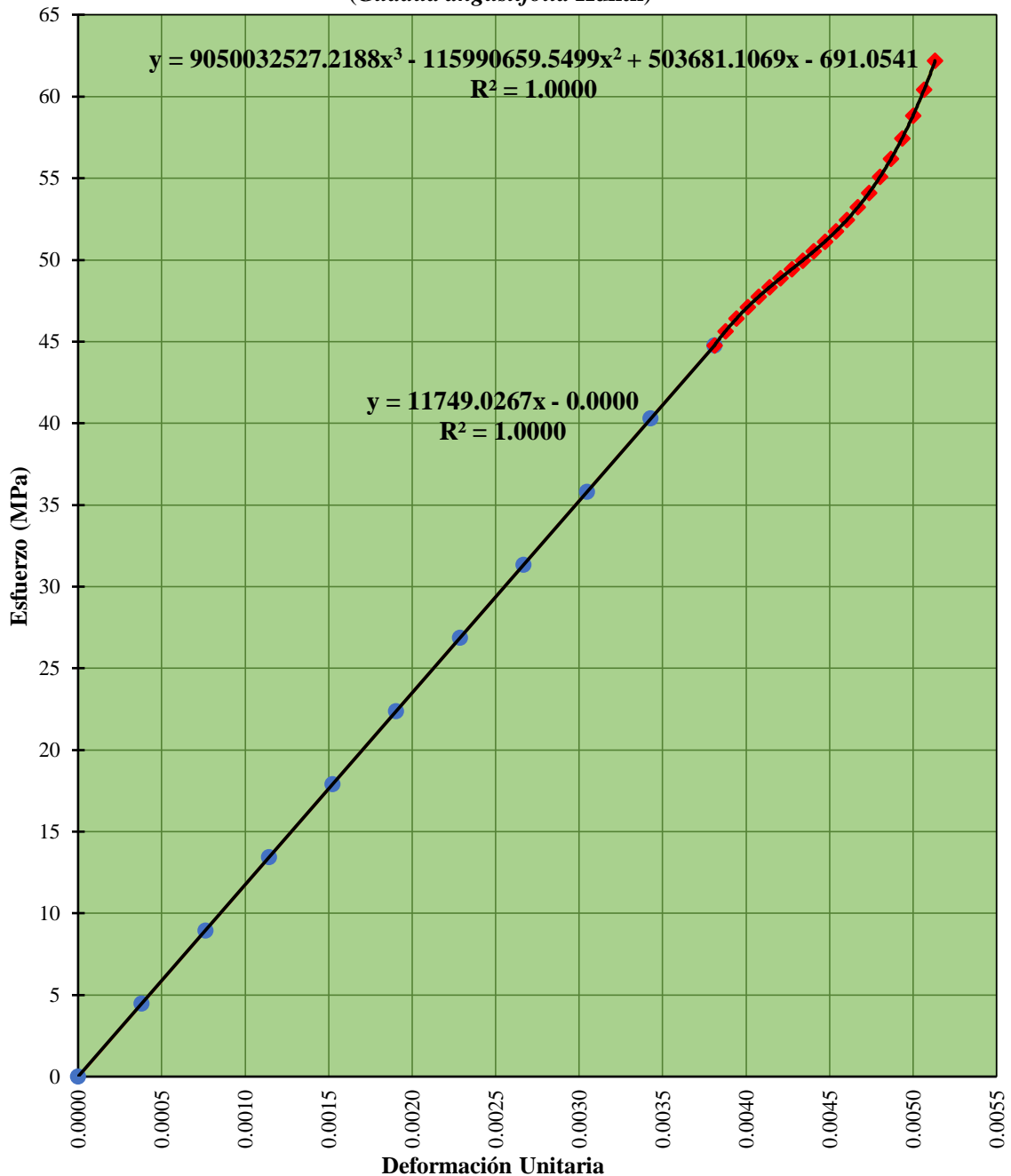


Figura 29. Curva ajustada de ensayo a Compresión Perpendicular a la Fibra – Con Nodo.

Fuente: Elaboración propia.

* $R^2= 1$, puntos obtenidos estrictamente de las funciones desplazadas y tratadas según el ítem 2.6.2.2.

Tabla 60: Modelamiento Matemático de Comportamiento, Punto de Fluencia, Punto de Rotura y Tabulación Promedio Final: compresión perpendicular a la fibra, probetas con nodo.

Teniendo la línea de tendencia promedio, Esfuerzo vs Deformación Unitaria para compresión perpendicular a la fibra, para la *Guadua angustifolia Kunth* a ceros:

Luego de efectuar la traslación de la línea de Tendencia promedio, la función que predecirá el COMPORTAMIENTO ELÁSTICO PROMEDIO, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, para compresión paralela a la fibra será:

$$Y = 11749.0267x$$

Luego de efectuar la traslación de la línea de Tendencia promedio, la función que predecirá el COMPORTAMIENTO PLÁSTICO PROMEDIO, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, para compresión perpendicular a la fibra será:

$$Y = 9050032527.2188x^3 - 115990659.5499x^2 + 503681.1069x - 691.0541$$

El punto de intersección entre ambas curvas que vendría a representar el punto correspondiente en el Límite proporcional será:

$$(x,y) = (0.003810317, 44.76751663)$$

PROMEDIO TABULACIÓN PTO. A PTO.	
M(X)	M(Y)
0.00000	0.00000
0.00038	4.47675
0.00076	8.95350
0.00114	13.43025
0.00152	17.90701
0.00191	22.38376
0.00229	26.86051
0.00267	31.33726
0.00305	35.81401
0.00343	40.29076
0.00381	44.76752
0.00388	45.63657
0.00394	46.41174
0.00401	47.10870
0.00407	47.74314
0.00414	48.33072
0.00421	48.88713
0.00427	49.42805
0.00434	49.96915
0.00441	50.52612
0.00447	51.11463
0.00454	51.75036
0.00460	52.44900
0.00467	53.22621
0.00474	54.09768
0.00480	55.07909
0.00487	56.18612
0.00493	57.43444
0.00500	58.83973
0.00507	60.41768
0.00513	62.18396

Fuente: Elaboración propia.

LÍNEAS DE TENDENCIA PROMEDIO
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA

Compresión Perpendicular a la Fibra - Con Nodo
(*Guadua angustifolia* Kunth)

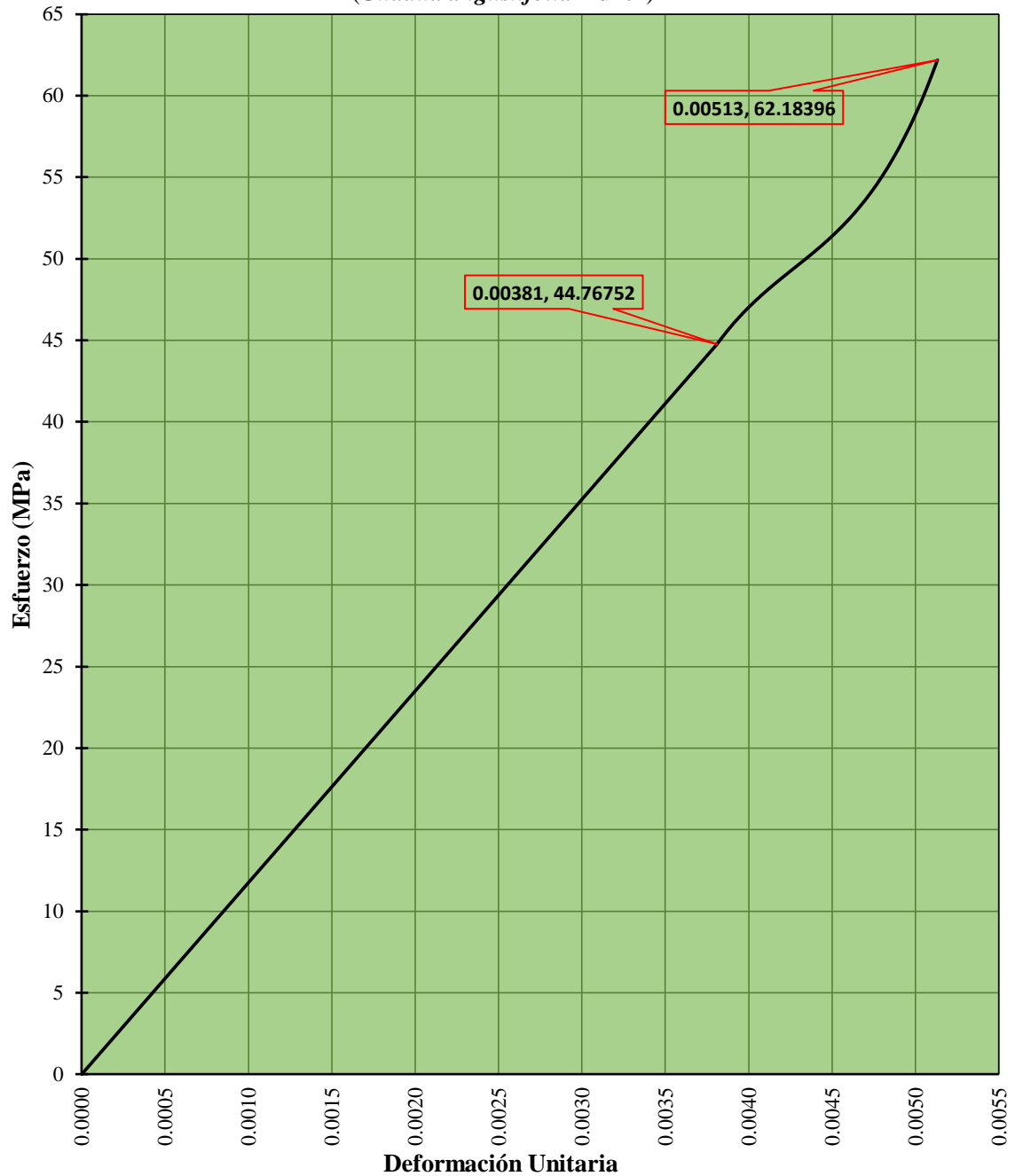


Figura 30. Curva de comportamiento promedio: Compresión Perpendicular a la Fibra – Probetas Con Nodo.

Fuente: Elaboración propia.

**ABANICO DE CURVAS DE COMPORTAMIENTO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA**

Compresión Perpendicular a la Fibra - Con Nodo
(*Guadua angustifolia* Kunth)

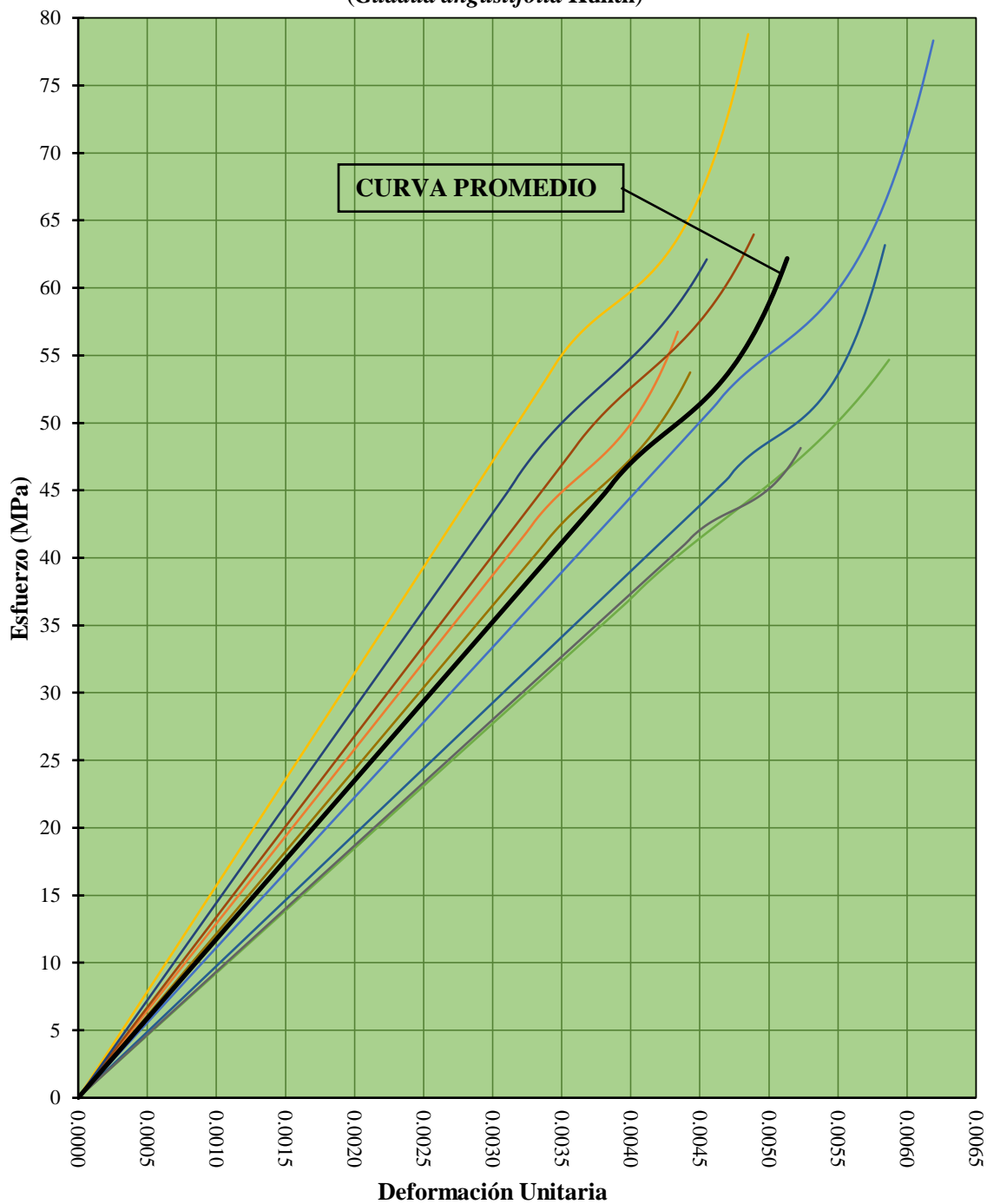


Figura 31. Curva de Comportamiento Promedio y Curvas de Comportamiento de todas las probetas sometidas a Compresión Perpendicular a la Fibra (Probetas Con Nodo).

Fuente: Elaboración propia.

B. Compresión Perpendicular a la Fibra – Sin Nodo:

Tabla 61: Tabulación general (Parte 1), compresión perpendicular a las fibras de probetas sin nodo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C.110		CÓDIGO DE PROB. C.111		CÓDIGO DE PROB. C.112		CÓDIGO DE PROB. C.113		CÓDIGO DE PROB. C.114	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00028	0.81796	0.00033	0.59586	0.00026	0.60867	0.00026	1.19234	0.00018	1.04120
3	0.00057	1.63592	0.00067	1.19172	0.00052	1.21735	0.00052	2.38467	0.00036	2.08240
4	0.00085	2.45388	0.00100	1.78757	0.00079	1.82602	0.00078	3.57701	0.00054	3.12360
5	0.00114	3.27184	0.00133	2.38343	0.00105	2.43469	0.00105	4.76935	0.00072	4.16480
6	0.00142	4.08980	0.00167	2.97929	0.00131	3.04336	0.00131	5.96168	0.00090	5.20600
7	0.00171	4.90776	0.00200	3.57515	0.00157	3.65204	0.00157	7.15402	0.00108	6.24720
8	0.00199	5.72572	0.00234	4.17100	0.00183	4.26071	0.00183	8.34635	0.00127	7.28839
9	0.00228	6.54368	0.00267	4.76686	0.00209	4.86938	0.00209	9.53869	0.00145	8.32959
10	0.00256	7.36164	0.00300	5.36272	0.00236	5.47805	0.00235	10.73103	0.00163	9.37079
11	0.00285	8.09346	0.00334	5.95858	0.00262	6.08673	0.00262	11.89721	0.00181	10.41199
12	0.00290	8.32836	0.00338	6.05818	0.00268	6.24727	0.00265	12.07369	0.00184	10.58525
13	0.00294	8.45668	0.00342	6.14863	0.00273	6.38420	0.00268	12.20928	0.00187	10.74183
14	0.00299	8.57496	0.00347	6.23066	0.00279	6.50062	0.00271	12.31092	0.00190	10.88587
15	0.00304	8.68477	0.00351	6.30497	0.00285	6.59959	0.00274	12.38551	0.00192	11.02153
16	0.00309	8.78769	0.00355	6.37229	0.00291	6.68421	0.00277	12.44000	0.00195	11.15295
17	0.00313	8.88531	0.00360	6.43332	0.00297	6.75754	0.00281	12.48131	0.00198	11.28429
18	0.00318	8.97918	0.00364	6.48879	0.00302	6.82268	0.00284	12.51636	0.00201	11.41969
19	0.00323	9.07089	0.00369	6.53940	0.00308	6.88270	0.00287	12.55208	0.00204	11.56331
20	0.00328	9.16202	0.00373	6.58587	0.00314	6.94068	0.00290	12.59539	0.00207	11.71929
21	0.00332	9.25414	0.00377	6.62891	0.00320	6.99970	0.00293	12.65321	0.00210	11.89179
22	0.00337	9.34883	0.00382	6.66925	0.00326	7.06284	0.00296	12.73249	0.00213	12.08496
23	0.00342	9.44767	0.00386	6.70759	0.00331	7.13319	0.00300	12.84013	0.00216	12.30294
24	0.00347	9.55222	0.00390	6.74465	0.00337	7.21382	0.00303	12.98307	0.00219	12.54989
25	0.00351	9.66407	0.00395	6.78114	0.00343	7.30781	0.00306	13.16822	0.00222	12.82995
26	0.00356	9.78479	0.00399	6.81778	0.00349	7.41825	0.00309	13.40253	0.00224	13.14728
27	0.00361	9.91596	0.00404	6.85529	0.00355	7.54821	0.00312	13.69290	0.00227	13.50602
28	0.00366	10.05916	0.00408	6.89437	0.00361	7.70078	0.00315	14.04627	0.00230	13.91033
29	0.00370	10.21596	0.00412	6.93575	0.00366	7.87904	0.00319	14.46957	0.00233	14.36436
30	0.00375	10.38793	0.00417	6.98013	0.00372	8.08606	0.00322	14.96971	0.00236	14.87225
31	0.00380	10.57666	0.00421	7.02824	0.00378	8.32493	0.00325	15.55363	0.00239	15.43816

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62: Tabulación general (Parte 2), compresión perpendicular a las fibras de probetas sin nodo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C.115		CÓDIGO DE PROB. C.116		CÓDIGO DE PROB. C.117		CÓDIGO DE PROB. C.118		CÓDIGO DE PROB. C.119	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00018	0.63226	0.00007	0.21468	0.00016	0.47038	0.00019	0.63892	0.00021	0.63644
3	0.00036	1.26451	0.00013	0.42936	0.00032	0.94075	0.00039	1.27783	0.00041	1.27288
4	0.00054	1.89677	0.00020	0.64404	0.00048	1.41113	0.00058	1.91675	0.00062	1.90932
5	0.00072	2.52902	0.00026	0.85872	0.00064	1.88150	0.00077	2.55567	0.00082	2.54576
6	0.00090	3.16128	0.00033	1.07341	0.00080	2.35188	0.00097	3.19459	0.00103	3.18220
7	0.00108	3.79353	0.00039	1.28809	0.00096	2.82226	0.00116	3.83350	0.00124	3.81864
8	0.00126	4.42579	0.00046	1.50277	0.00113	3.29263	0.00136	4.47242	0.00144	4.45508
9	0.00145	5.05804	0.00053	1.71745	0.00129	3.76301	0.00155	5.11134	0.00165	5.09152
10	0.00163	5.69030	0.00059	1.93213	0.00145	4.23338	0.00174	5.75026	0.00185	5.72795
11	0.00181	6.32255	0.00066	2.14681	0.00161	4.70376	0.00194	6.38917	0.00206	6.36439
12	0.00184	6.44583	0.00075	2.46538	0.00164	4.80494	0.00203	6.79202	0.00212	6.60501
13	0.00186	6.54284	0.00083	2.77566	0.00167	4.89493	0.00213	7.15690	0.00219	6.82131
14	0.00189	6.61952	0.00092	3.07782	0.00170	4.97518	0.00223	7.48760	0.00225	7.01685
15	0.00192	6.68182	0.00101	3.37206	0.00174	5.04718	0.00232	7.78789	0.00232	7.19516
16	0.00195	6.73568	0.00110	3.65854	0.00177	5.11240	0.00242	8.06155	0.00238	7.35979
17	0.00198	6.78705	0.00119	3.93747	0.00180	5.17231	0.00252	8.31237	0.00244	7.51427
18	0.00201	6.84187	0.00128	4.20902	0.00183	5.22837	0.00262	8.54413	0.00251	7.66215
19	0.00204	6.90609	0.00137	4.47337	0.00186	5.28207	0.00271	8.76060	0.00257	7.80696
20	0.00207	6.98564	0.00146	4.73072	0.00190	5.33487	0.00281	8.96556	0.00264	7.95225
21	0.00210	7.08649	0.00155	4.98124	0.00193	5.38824	0.00291	9.16280	0.00270	8.10156
22	0.00213	7.21456	0.00164	5.22511	0.00196	5.44365	0.00301	9.35610	0.00276	8.25843
23	0.00216	7.37581	0.00173	5.46253	0.00199	5.50258	0.00310	9.54924	0.00283	8.42640
24	0.00219	7.57618	0.00182	5.69367	0.00203	5.56650	0.00320	9.74599	0.00289	8.60901
25	0.00221	7.82161	0.00190	5.91872	0.00206	5.63687	0.00330	9.95014	0.00296	8.80980
26	0.00224	8.11805	0.00199	6.13786	0.00209	5.71518	0.00339	10.16547	0.00302	9.03232
27	0.00227	8.47145	0.00208	6.35128	0.00212	5.80289	0.00349	10.39575	0.00308	9.28010
28	0.00230	8.88774	0.00217	6.55915	0.00215	5.90146	0.00359	10.64478	0.00315	9.55669
29	0.00233	9.37288	0.00226	6.76167	0.00219	6.01239	0.00369	10.91632	0.00321	9.86562
30	0.00236	9.93281	0.00235	6.95902	0.00222	6.13712	0.00378	11.21417	0.00328	10.21044
31	0.00239	10.57346	0.00244	7.15138	0.00225	6.27715	0.00388	11.54209	0.00334	10.59468

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63: Tabulación general (Parte 3), compresión perpendicular a las fibras de probetas sin nodo

Nº	CÓDIGO DE PROB. C.120		CÓDIGO DE PROB. C.121		CÓDIGO DE PROB. C.122		CÓDIGO DE PROB. C.123		CÓDIGO DE PROB. C.124	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00029	2.15194	0.00017	0.91959	0.00018	0.90454	0.00019	1.10918	0.00020	1.19099
3	0.00058	4.30387	0.00034	1.83918	0.00036	1.80907	0.00039	2.21836	0.00040	2.38197
4	0.00086	6.45581	0.00050	2.75877	0.00055	2.71361	0.00058	3.32754	0.00060	3.57296
5	0.00115	8.60775	0.00067	3.67836	0.00073	3.61815	0.00077	4.43672	0.00079	4.76394
6	0.00144	10.75969	0.00084	4.59794	0.00091	4.52269	0.00097	5.54590	0.00099	5.95493
7	0.00173	12.91162	0.00101	5.51753	0.00109	5.42722	0.00116	6.65508	0.00119	7.14592
8	0.00202	15.06356	0.00118	6.43712	0.00128	6.33176	0.00136	7.76426	0.00139	8.33690
9	0.00231	17.21550	0.00134	7.35671	0.00146	7.23630	0.00155	8.87344	0.00159	9.52789
10	0.00259	19.36744	0.00151	8.27630	0.00164	8.14084	0.00174	9.98262	0.00179	10.71887
11	0.00288	21.51937	0.00168	9.19589	0.00182	9.04537	0.00194	11.09180	0.00198	11.90986
12	0.00293	21.94520	0.00171	9.30289	0.00185	9.24319	0.00197	11.38070	0.00201	12.06111
13	0.00297	22.32688	0.00173	9.42764	0.00188	9.42064	0.00199	11.59038	0.00203	12.19599
14	0.00302	22.67343	0.00176	9.53893	0.00191	9.58105	0.00202	11.74249	0.00206	12.31704
15	0.00307	22.99388	0.00178	9.64068	0.00194	9.72777	0.00205	11.85869	0.00209	12.42676
16	0.00311	23.29725	0.00181	9.73678	0.00197	9.86415	0.00208	11.96065	0.00211	12.52766
17	0.00316	23.59255	0.00183	9.83114	0.00200	9.99353	0.00211	12.07002	0.00214	12.62227
18	0.00321	23.88882	0.00186	9.92766	0.00203	10.11926	0.00214	12.20845	0.00216	12.71309
19	0.00325	24.19507	0.00188	10.03023	0.00206	10.24468	0.00217	12.39761	0.00219	12.80264
20	0.00330	24.52032	0.00191	10.14276	0.00209	10.37314	0.00220	12.65916	0.00221	12.89344
21	0.00335	24.87360	0.00193	10.26915	0.00212	10.50798	0.00223	13.01474	0.00224	12.98799
22	0.00339	25.26393	0.00196	10.41330	0.00215	10.65254	0.00226	13.48603	0.00226	13.08882
23	0.00344	25.70033	0.00198	10.57911	0.00217	10.81018	0.00229	14.09467	0.00229	13.19843
24	0.00349	26.19183	0.00201	10.77048	0.00220	10.98424	0.00232	14.86234	0.00231	13.31935
25	0.00353	26.74744	0.00203	10.99131	0.00223	11.17806	0.00234	15.81067	0.00234	13.45408
26	0.00358	27.37618	0.00206	11.24551	0.00226	11.39499	0.00237	16.96134	0.00236	13.60514
27	0.00362	28.08709	0.00208	11.53697	0.00229	11.63836	0.00240	18.33600	0.00239	13.77505
28	0.00367	28.88917	0.00211	11.86959	0.00232	11.91154	0.00243	19.95630	0.00241	13.96632
29	0.00372	29.79146	0.00213	12.24729	0.00235	12.21786	0.00246	21.84391	0.00244	14.18146
30	0.00376	30.80297	0.00216	12.67394	0.00238	12.56067	0.00249	24.02049	0.00246	14.42299
31	0.00381	31.93272	0.00218	13.15347	0.00241	12.94330	0.00252	26.50769	0.00249	14.69342

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64: Tabulación general (Parte 4), compresión perpendicular a las fibras de probetas sin nodo.

N°	CÓDIGO DE PROB. C.125		CÓDIGO DE PROB. C.126		CÓDIGO DE PROB. C.127		CÓDIGO DE PROB. C.128		CÓDIGO DE PROB. C.129		PROMEDIO TABULACIÓN PTO. A PTO.	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		M(X)	M(Y)
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.00014	0.74358	0.00022	0.85647	0.00023	0.54211	0.00009	0.39051	0.00019	0.84184	0.00020	0.82497
3	0.00029	1.48717	0.00044	1.71293	0.00046	1.08421	0.00017	0.78103	0.00037	1.68368	0.00040	1.64994
4	0.00043	2.23075	0.00066	2.56940	0.00069	1.62632	0.00026	1.17154	0.00056	2.52552	0.00060	2.47491
5	0.00058	2.97433	0.00088	3.42586	0.00092	2.16842	0.00034	1.56206	0.00075	3.36736	0.00081	3.29989
6	0.00072	3.71791	0.00109	4.28233	0.00115	2.71053	0.00043	1.95257	0.00094	4.20920	0.00101	4.12486
7	0.00087	4.46150	0.00131	5.13879	0.00138	3.25263	0.00052	2.34308	0.00112	5.05103	0.00121	4.94983
8	0.00101	5.20508	0.00153	5.99526	0.00161	3.79474	0.00060	2.73360	0.00131	5.89287	0.00141	5.77480
9	0.00116	5.94866	0.00175	6.85172	0.00184	4.33684	0.00069	3.12411	0.00150	6.73471	0.00161	6.59977
10	0.00130	6.69225	0.00197	7.70819	0.00207	4.87895	0.00077	3.51463	0.00168	7.57655	0.00181	7.42474
11	0.00145	7.43583	0.00219	8.56467	0.00230	5.42106	0.00086	3.90514	0.00187	8.41839	0.00201	8.24410
12	0.00147	7.58400	0.00222	8.71947	0.00239	5.64807	0.00101	4.62495	0.00195	8.78303	0.00207	8.48493
13	0.00150	7.71006	0.00225	8.85566	0.00247	5.84909	0.00115	5.29919	0.00202	9.11511	0.00212	8.69614
14	0.00153	7.81821	0.00228	8.97559	0.00256	6.02674	0.00130	5.93015	0.00210	9.41750	0.00217	8.88506
15	0.00156	7.91267	0.00232	9.08166	0.00264	6.18369	0.00145	6.52008	0.00218	9.69307	0.00222	9.05597
16	0.00158	7.99764	0.00235	9.17625	0.00273	6.32257	0.00159	7.07128	0.00225	9.94468	0.00227	9.21320
17	0.00161	8.07733	0.00238	9.26175	0.00282	6.44604	0.00174	7.58600	0.00233	10.17519	0.00233	9.36105
18	0.00164	8.15595	0.00241	9.34055	0.00290	6.55675	0.00189	8.06652	0.00240	10.38747	0.00238	9.50384
19	0.00167	8.23769	0.00245	9.41502	0.00299	6.65733	0.00203	8.51511	0.00248	10.58438	0.00243	9.64586
20	0.00170	8.32678	0.00248	9.48757	0.00307	6.75045	0.00218	8.93404	0.00256	10.76878	0.00248	9.79144
21	0.00172	8.42742	0.00251	9.56057	0.00316	6.83874	0.00233	9.32559	0.00263	10.94353	0.00254	9.94487
22	0.00175	8.54381	0.00254	9.63641	0.00325	6.92485	0.00247	9.69202	0.00271	11.11151	0.00259	10.11047
23	0.00178	8.68016	0.00257	9.71748	0.00333	7.01144	0.00262	10.03562	0.00278	11.27557	0.00264	10.29255
24	0.00181	8.84069	0.00261	9.80616	0.00342	7.10115	0.00276	10.35864	0.00286	11.43857	0.00269	10.49542
25	0.00183	9.02959	0.00264	9.90484	0.00350	7.19663	0.00291	10.66337	0.00293	11.60339	0.00274	10.72339
26	0.00186	9.25107	0.00267	10.01591	0.00359	7.30052	0.00306	10.95208	0.00301	11.77288	0.00280	10.98076
27	0.00189	9.50935	0.00270	10.14175	0.00368	7.41547	0.00320	11.22703	0.00309	11.94991	0.00285	11.27184
28	0.00192	9.80863	0.00273	10.28475	0.00376	7.54413	0.00335	11.49051	0.00316	12.13734	0.00290	11.60095
29	0.00194	10.15312	0.00277	10.44730	0.00385	7.68916	0.00350	11.74477	0.00324	12.33803	0.00295	11.97239
30	0.00197	10.54702	0.00280	10.63178	0.00393	7.85319	0.00364	11.99210	0.00331	12.55485	0.00301	12.39048
31	0.00200	10.99454	0.00283	10.84058	0.00402	8.03887	0.00379	12.23476	0.00339	12.79066	0.00306	12.85952

Fuente: Elaboración propia.

LÍNEAS DE TENDENCIA PROMEDIO
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA

Compresión Perpendicular a la Fibra - Sin Nodo
(*Guadua angustifolia* Kunth)

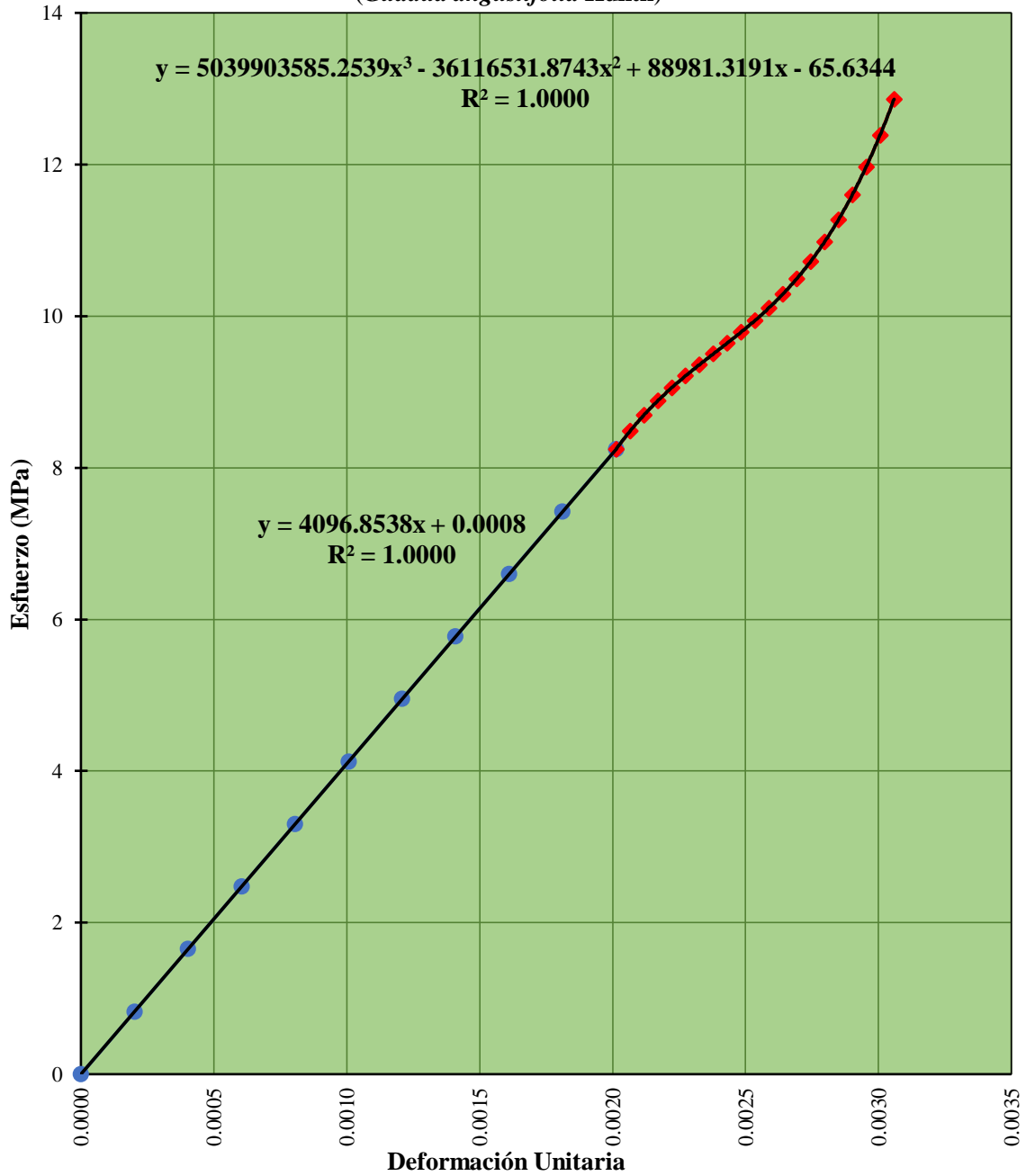


Figura 32. Curva ajustada de ensayo a Compresión Perpendicular a la Fibra – Sin Nodo.

Fuente: Elaboración propia.

* $R^2 = 1$, puntos obtenidos estrictamente de las funciones desplazadas y tratadas según el ítem 2.6.2.2.

Tabla 65: Modelamiento Matemático de Comportamiento, Punto de Fluencia, Punto de Rotura y Tabulación Promedio Final: compresión perpendicular a la fibra, probetas sin nodo.

Teniendo la línea de tendencia promedio, Esfuerzo vs Deformación Unitaria para compresión perpendicular a la fibra, para la *Guadua angustifolia Kunth* a ceros:

Luego de efectuar la traslación de la línea de Tendencia promedio, la función que predecirá el COMPORTAMIENTO ELÁSTICO PROMEDIO, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, para compresión paralela a la fibra será:

$$Y = 4096.8538x$$

Luego de efectuar la traslación de la línea de Tendencia promedio, la función que predecirá el COMPORTAMIENTO PLÁSTICO PROMEDIO, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, para compresión perpendicular a la fibra será:

$$Y = 5039903585.2539x^3 - 36116531.8743x^2 + 88981.3191x - 65.6344$$

El punto de intersección entre ambas curvas que vendría a representar el punto correspondiente en el Límite proporcional será:

$$(x,y) = (0.002013048, 8.244101916)$$

PROMEDIO TABULACIÓN PTO. A PTO.	
M(X)	M(Y)
0.00000	0.00000
0.00020	0.82497
0.00040	1.64994
0.00060	2.47491
0.00081	3.29989
0.00101	4.12486
0.00121	4.94983
0.00141	5.77480
0.00161	6.59977
0.00181	7.42474
0.00201	8.24410
0.00207	8.48493
0.00212	8.69614
0.00217	8.88506
0.00222	9.05597
0.00227	9.21320
0.00233	9.36105
0.00238	9.50384
0.00243	9.64586
0.00248	9.79144
0.00254	9.94487
0.00259	10.11047
0.00264	10.29255
0.00269	10.49542
0.00274	10.72339
0.00280	10.98076
0.00285	11.27184
0.00290	11.60095
0.00295	11.97239
0.00301	12.39048
0.00306	12.85952

Fuente: Elaboración propia.

LÍNEAS DE TENDENCIA PROMEDIO
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA

Compresión Perpendicular a la Fibra - Sin Nodo
(*Guadua angustifolia* Kunth)

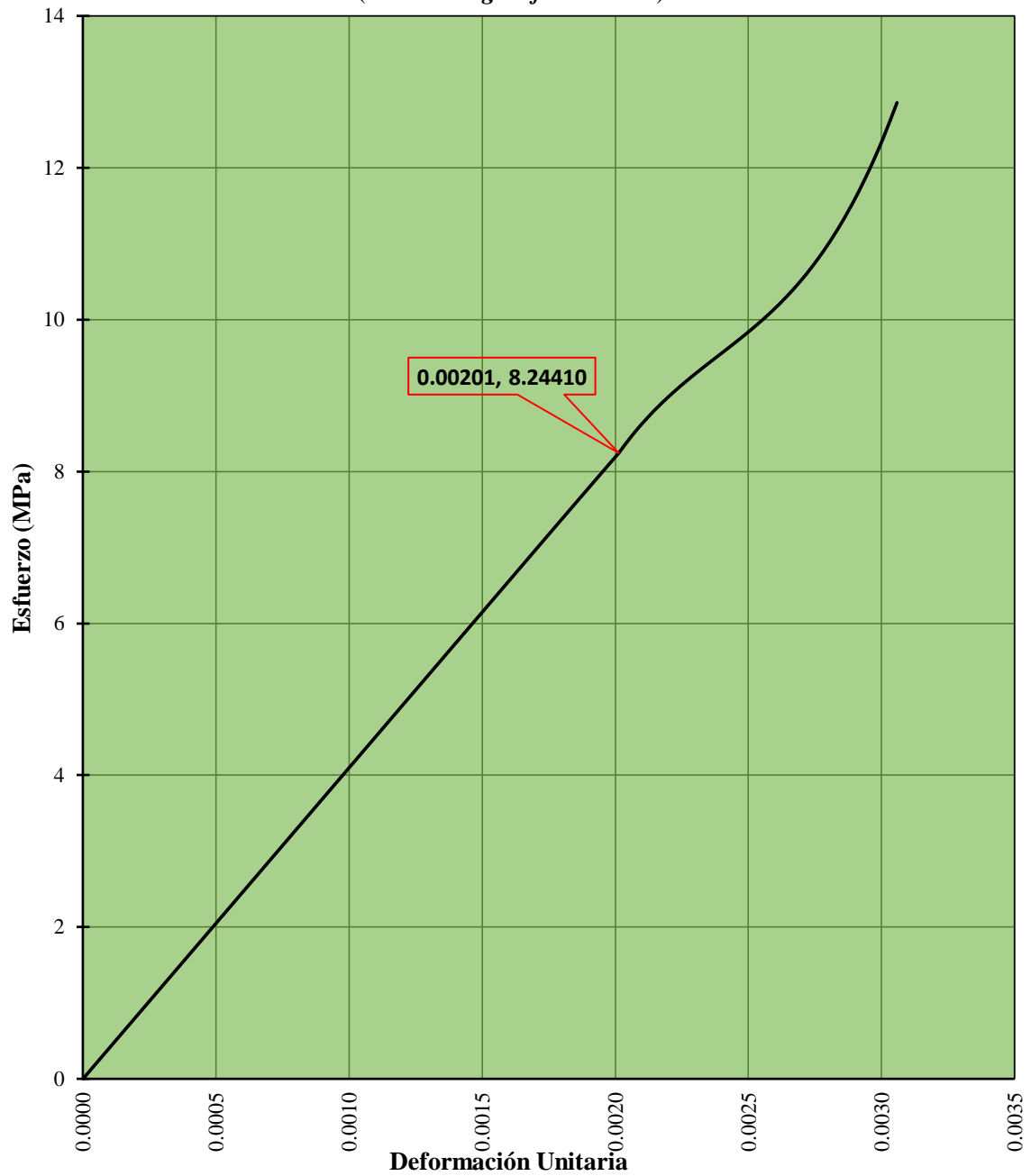


Figura 33. Curva de comportamiento promedio: Compresión Perpendicular a la Fibra – Probetas Sin Nodo.

Fuente: Elaboración propia.

ABANICO DE CURVAS DE COMPORTAMIENTO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA
Compresión Perpendicular a la Fibra - Sin Nodo
(Guadua angustifolia Kunth)

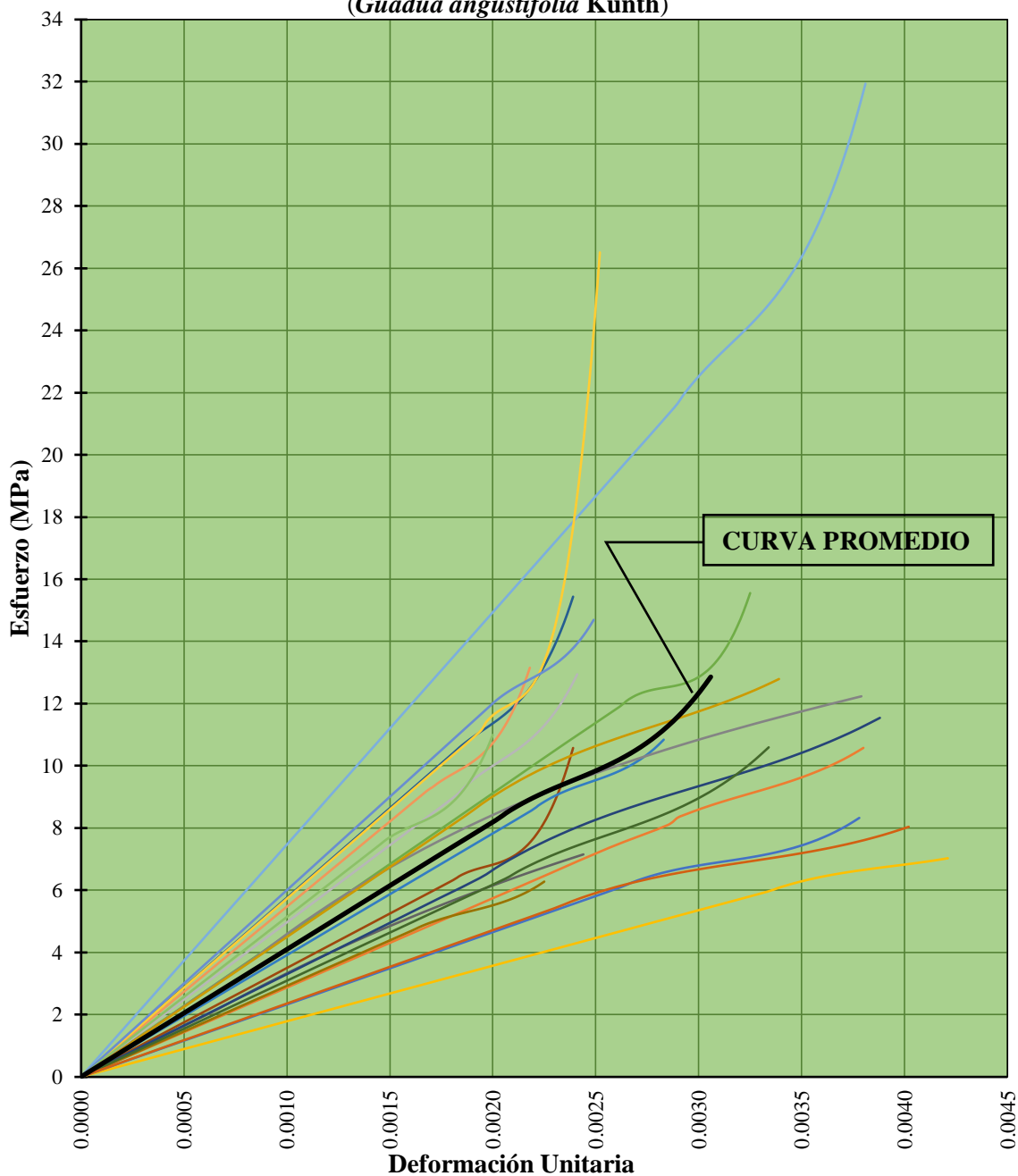


Figura 34. Curva de Comportamiento Promedio y Curvas de comportamiento de todas las probetas sometidas a Compresión Perpendicular a la Fibra (Probetas Sin Nodo).

Fuente: Elaboración propia.

**COMPARACIÓN: COMPORTAMIENTO PROMEDIO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA**

Compresión Perpendicular a la Fibra
(*Guadua angustifolia* Kunth)

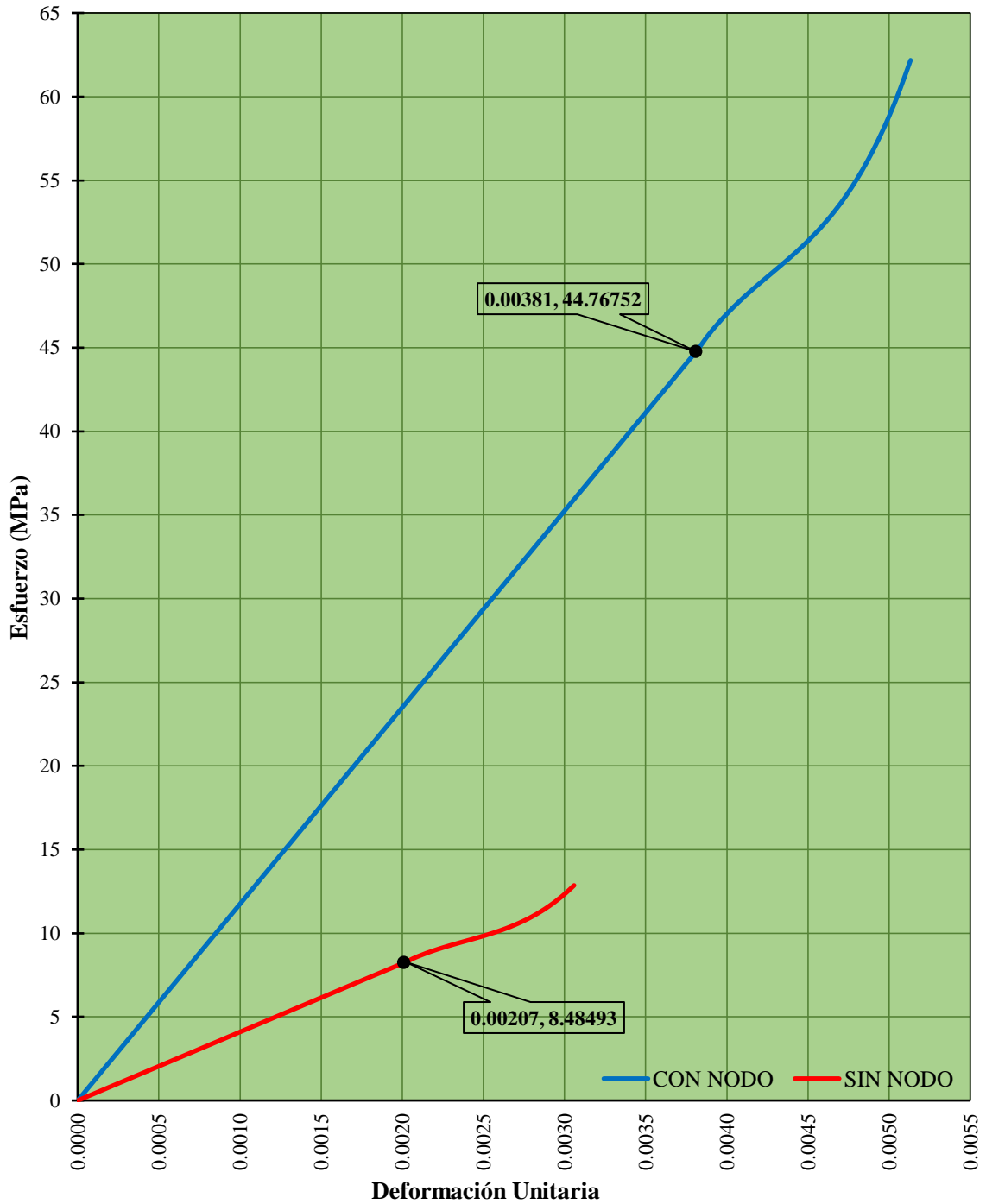


Figura 35. Comparación Gráfica Curva de Comportamiento Promedio Esfuerzo vs Deformación Unitaria de probetas ensayadas a Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nudo y Sin Nudo.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.2.3. Procesamiento de datos: flexión estática

2.6.2.2.3.1. Tratamiento estadístico: flexión estática

Tabla 66: Procesamiento Estadístico, Flexión Estática.

N°	CÓDIGO PROBETA	CONT. HUMEDAD %	PUNTO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL		PUNTO DE ROTURA		MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa) $MOE = \frac{\sigma_{LP}}{Def. Unit.}$	ESFUERZO ADMISIBLE (MPa) Fc=1.00 Fs=1.60 Fdc=1.25 $\sigma_{ADM} = \frac{Fc}{(F_s) \times (F_{dc})} \times \sigma_R$
			Def. Unit. "X"	Esfuerzo (MPa) "Y"	Def. Unit. "X"	Esfuerzo (MPa) "Y"		
1	F-1	116.39	0.00085	9.30024	0.00292	19.91756	11002.769	9.959
2	F-2	104.76	0.00115	11.00457	0.00263	17.45796	9547.584	8.729
3	F-3	115.83	0.00093	8.35351	0.00133	10.10488	9021.740	5.052
4	F-4	119.03	0.00063	8.26624	0.00317	21.74400	13065.916	10.872
5	F-5	105.70	0.00110	9.12263	0.00285	15.14999	8290.436	7.575
6	F-6	115.47	0.00073	10.52629	0.00240	20.54034	14408.456	10.270
7	F-7	98.24	0.00149	12.94852	0.00282	18.48235	8668.298	9.241
8	F-8	90.78	0.00063	7.41550	0.00250	17.95499	11769.968	8.977
9	F-9	103.05	0.00090	9.92512	0.00129	11.75352	11084.626	5.877
10	F-10	104.79	0.00058	5.73037	0.00306	15.75625	9937.407	7.878
11	F-11	113.04	0.00106	11.20044	0.00179	14.78561	10590.372	7.393
12	F-12	93.65	0.00137	11.09182	0.00368	18.88476	8112.843	9.442
13	F-13	101.23	0.00034	4.47129	0.00185	13.94447	13215.005	6.972
14	F-14	89.95	0.00043	6.90796	0.00218	19.03695	16008.363	9.518
15	F-15	105.59	0.00049	6.90990	0.00250	19.99892	14137.575	9.999
16	F-16	103.85	0.00033	5.88377	0.00284	27.23165	17708.484	13.616
17	F-17	81.09	0.00051	5.86035	0.00510	26.43064	11540.798	13.215
18	F-18	103.37	0.00108	14.17595	0.00276	24.23579	13113.605	12.118
19	F-19	112.10	0.00060	8.04599	0.00211	17.53584	13381.925	8.768
20	F-20	109.70	0.00120	13.18616	0.00377	23.52690	11024.345	11.763
21	F-21	99.91	0.00054	5.30229	0.00361	17.82178	9788.117	8.911
	M(X)	104.168	0.00081	8.83947	0.00272	18.68072	11686.602	9.340
	S(D)	9.746	0.00034	2.770	0.00088	4.405	2566.716	2.202
	CV%	9.356	42.198	31.336	32.167	23.580	21.963	23.580
	Límite de exclusión del 5%		0.00033	4.47129	0.00129	10.10488	8112.843	5.052

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.2.3.2. Construcción de curvas: flexión estática

Tabla 67: Tabulación general (Parte 1), Flexión Estática.

N°	CÓDIGO DE PROB. F-1		CÓDIGO DE PROB. F-2		CÓDIGO DE PROB. F-3		CÓDIGO DE PROB. F-4		CÓDIGO DE PROB. F-5	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00008	0.93002	0.00012	1.10046	0.00009	0.83535	0.00006	0.82662	0.00011	0.91226
3	0.00017	1.86005	0.00023	2.20091	0.00019	1.67070	0.00013	1.65325	0.00022	1.82453
4	0.00025	2.79007	0.00035	3.30137	0.00028	2.50605	0.00019	2.47987	0.00033	2.73679
5	0.00034	3.72010	0.00046	4.40183	0.00037	3.34141	0.00025	3.30650	0.00044	3.64905
6	0.00042	4.65012	0.00058	5.50229	0.00046	4.17676	0.00032	4.13312	0.00055	4.56131
7	0.00051	5.58014	0.00069	6.60274	0.00056	5.01211	0.00038	4.95975	0.00066	5.47358
8	0.00059	6.51017	0.00081	7.70320	0.00065	5.84746	0.00044	5.78637	0.00077	6.38584
9	0.00068	7.44019	0.00092	8.80366	0.00074	6.68281	0.00051	6.61300	0.00088	7.29810
10	0.00076	8.37021	0.00104	9.90412	0.00083	7.51816	0.00057	7.43962	0.00099	8.21037
11	0.00085	9.30024	0.00115	11.00457	0.00093	8.35351	0.00063	8.26624	0.00110	9.12263
12	0.00095	10.33543	0.00123	11.63378	0.00095	8.52427	0.00076	9.58033	0.00119	9.71030
13	0.00105	11.31753	0.00130	12.23071	0.00097	8.68627	0.00089	10.82702	0.00128	10.26783
14	0.00116	12.24654	0.00137	12.79538	0.00099	8.83951	0.00101	12.00632	0.00136	10.79522
15	0.00126	13.12247	0.00145	13.32779	0.00101	8.98400	0.00114	13.11824	0.00145	11.29248
16	0.00136	13.94532	0.00152	13.82793	0.00103	9.11973	0.00127	14.16276	0.00154	11.75960
17	0.00147	14.71507	0.00160	14.29580	0.00105	9.24671	0.00139	15.13990	0.00163	12.19658
18	0.00157	15.43174	0.00167	14.73140	0.00107	9.36492	0.00152	16.04965	0.00171	12.60343
19	0.00168	16.09532	0.00174	15.13474	0.00109	9.47438	0.00165	16.89201	0.00180	12.98014
20	0.00178	16.70582	0.00182	15.50581	0.00111	9.57509	0.00177	17.66698	0.00189	13.32671
21	0.00188	17.26323	0.00189	15.84461	0.00113	9.66703	0.00190	18.37456	0.00198	13.64315
22	0.00199	17.76755	0.00197	16.15115	0.00115	9.75022	0.00203	19.01476	0.00206	13.92945
23	0.00209	18.21879	0.00204	16.42541	0.00117	9.82466	0.00215	19.58756	0.00215	14.18561
24	0.00220	18.61694	0.00211	16.66742	0.00119	9.89033	0.00228	20.09298	0.00224	14.41164
25	0.00230	18.96200	0.00219	16.87715	0.00121	9.94725	0.00241	20.53100	0.00233	14.60752
26	0.00240	19.25398	0.00226	17.05462	0.00123	9.99541	0.00253	20.90164	0.00241	14.77328
27	0.00251	19.49287	0.00233	17.19982	0.00125	10.03482	0.00266	21.20489	0.00250	14.90889
28	0.00261	19.67867	0.00241	17.31276	0.00127	10.06547	0.00279	21.44075	0.00259	15.01437
29	0.00272	19.81139	0.00248	17.39342	0.00129	10.08736	0.00291	21.60922	0.00268	15.08971
30	0.00282	19.89102	0.00256	17.44182	0.00131	10.10049	0.00304	21.71031	0.00276	15.13492
31	0.00292	19.91756	0.00263	17.45796	0.00133	10.10488	0.00317	21.74400	0.00285	15.14999

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68: Tabulación general (Parte 2), Flexión Estática.

N°	CÓDIGO DE PROB. F-6		CÓDIGO DE PROB. F-7		CÓDIGO DE PROB. F-8		CÓDIGO DE PROB. F-9		CÓDIGO DE PROB. F-10	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00007	1.05263	0.00015	1.29485	0.00006	0.74155	0.00009	0.99251	0.00006	0.57304
3	0.00015	2.10526	0.00030	2.58970	0.00013	1.48310	0.00018	1.98502	0.00012	1.14607
4	0.00022	3.15789	0.00045	3.88456	0.00019	2.22465	0.00027	2.97754	0.00017	1.71911
5	0.00029	4.21052	0.00060	5.17941	0.00025	2.96620	0.00036	3.97005	0.00023	2.29215
6	0.00037	5.26315	0.00075	6.47426	0.00032	3.70775	0.00045	4.96256	0.00029	2.86518
7	0.00044	6.31578	0.00090	7.76911	0.00038	4.44930	0.00054	5.95507	0.00035	3.43822
8	0.00051	7.36840	0.00105	9.06397	0.00044	5.19085	0.00063	6.94758	0.00040	4.01126
9	0.00058	8.42103	0.00120	10.35882	0.00050	5.93240	0.00072	7.94010	0.00046	4.58429
10	0.00066	9.47366	0.00134	11.65367	0.00057	6.67395	0.00081	8.93261	0.00052	5.15733
11	0.00073	10.52629	0.00149	12.94852	0.00063	7.41550	0.00090	9.92512	0.00058	5.73037
12	0.00081	11.50266	0.00156	13.48807	0.00072	8.44310	0.00092	10.10339	0.00070	6.70789
13	0.00090	12.42896	0.00163	13.99995	0.00082	9.41800	0.00094	10.27252	0.00082	7.63528
14	0.00098	13.30519	0.00169	14.48416	0.00091	10.34021	0.00096	10.43250	0.00095	8.51255
15	0.00106	14.13135	0.00176	14.94070	0.00100	11.20972	0.00098	10.58335	0.00107	9.33968
16	0.00115	14.90744	0.00183	15.36957	0.00110	12.02653	0.00100	10.72505	0.00120	10.11669
17	0.00123	15.63346	0.00189	15.77078	0.00119	12.79064	0.00102	10.85761	0.00132	10.84356
18	0.00131	16.30941	0.00196	16.14431	0.00129	13.50206	0.00104	10.98102	0.00144	11.52031
19	0.00140	16.93528	0.00203	16.49017	0.00138	14.16078	0.00106	11.09530	0.00157	12.14693
20	0.00148	17.51109	0.00209	16.80837	0.00147	14.76680	0.00108	11.20043	0.00169	12.72342
21	0.00156	18.03683	0.00216	17.09889	0.00157	15.32012	0.00110	11.29642	0.00182	13.24978
22	0.00165	18.51250	0.00223	17.36175	0.00166	15.82075	0.00112	11.38327	0.00194	13.72601
23	0.00173	18.93809	0.00229	17.59694	0.00175	16.26867	0.00113	11.46098	0.00206	14.15211
24	0.00181	19.31362	0.00236	17.80446	0.00185	16.66390	0.00115	11.52954	0.00219	14.52808
25	0.00190	19.63908	0.00243	17.98431	0.00194	17.00644	0.00117	11.58897	0.00231	14.85392
26	0.00198	19.91446	0.00249	18.13649	0.00203	17.29627	0.00119	11.63925	0.00244	15.12963
27	0.00206	20.13978	0.00256	18.26100	0.00213	17.53341	0.00121	11.68039	0.00256	15.35521
28	0.00215	20.31503	0.00262	18.35784	0.00222	17.71785	0.00123	11.71238	0.00268	15.53066
29	0.00223	20.44020	0.00269	18.42701	0.00232	17.84960	0.00125	11.73524	0.00281	15.65599
30	0.00231	20.51531	0.00276	18.46852	0.00241	17.92864	0.00127	11.74895	0.00293	15.73118
31	0.00240	20.54034	0.00282	18.48235	0.00250	17.95499	0.00129	11.75352	0.00306	15.75625

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69: Tabulación general (Parte 3), Flexión Estática.

N°	CÓDIGO DE PROB. F-11		CÓDIGO DE PROB. F-12		CÓDIGO DE PROB. F-13		CÓDIGO DE PROB. F-14		CÓDIGO DE PROB. F-15	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00011	1.12004	0.00014	1.10918	0.00003	0.44713	0.00004	0.69080	0.00005	0.69099
3	0.00021	2.24009	0.00027	2.21836	0.00007	0.89426	0.00009	1.38159	0.00010	1.38198
4	0.00032	3.36013	0.00041	3.32755	0.00010	1.34139	0.00013	2.07239	0.00015	2.07297
5	0.00042	4.48018	0.00055	4.43673	0.00014	1.78851	0.00017	2.76318	0.00020	2.76396
6	0.00053	5.60022	0.00068	5.54591	0.00017	2.23564	0.00022	3.45398	0.00024	3.45495
7	0.00063	6.72026	0.00082	6.65509	0.00020	2.68277	0.00026	4.14477	0.00029	4.14594
8	0.00074	7.84031	0.00096	7.76427	0.00024	3.12990	0.00030	4.83557	0.00034	4.83693
9	0.00085	8.96035	0.00109	8.87346	0.00027	3.57703	0.00035	5.52637	0.00039	5.52792
10	0.00095	10.08040	0.00123	9.98264	0.00030	4.02416	0.00039	6.21716	0.00044	6.21891
11	0.00106	11.20044	0.00137	11.09182	0.00034	4.47129	0.00043	6.90796	0.00049	6.90990
12	0.00109	11.54896	0.00148	11.85163	0.00041	5.39492	0.00052	8.09053	0.00059	8.18608
13	0.00113	11.87965	0.00160	12.57248	0.00049	6.27119	0.00061	9.21247	0.00069	9.39681
14	0.00117	12.19254	0.00171	13.25436	0.00056	7.10009	0.00069	10.27375	0.00079	10.54210
15	0.00120	12.48760	0.00183	13.89728	0.00064	7.88163	0.00078	11.27439	0.00089	11.62195
16	0.00124	12.76485	0.00194	14.50123	0.00072	8.61580	0.00087	12.21439	0.00099	12.63635
17	0.00128	13.02428	0.00206	15.06622	0.00079	9.30261	0.00095	13.09374	0.00109	13.58530
18	0.00132	13.26590	0.00218	15.59224	0.00087	9.94205	0.00104	13.91245	0.00119	14.46881
19	0.00135	13.48970	0.00229	16.07930	0.00094	10.53412	0.00113	14.67051	0.00129	15.28687
20	0.00139	13.69568	0.00241	16.52740	0.00102	11.07883	0.00122	15.36793	0.00139	16.03949
21	0.00143	13.88384	0.00252	16.93653	0.00109	11.57617	0.00130	16.00470	0.00149	16.72667
22	0.00146	14.05419	0.00264	17.30669	0.00117	12.02615	0.00139	16.58083	0.00159	17.34840
23	0.00150	14.20672	0.00275	17.63789	0.00124	12.42876	0.00148	17.09631	0.00169	17.90468
24	0.00154	14.34144	0.00287	17.93013	0.00132	12.78400	0.00157	17.55115	0.00179	18.39552
25	0.00157	14.45834	0.00298	18.18340	0.00139	13.09188	0.00165	17.94534	0.00190	18.82091
26	0.00161	14.55742	0.00310	18.39770	0.00147	13.35240	0.00174	18.27888	0.00200	19.18086
27	0.00165	14.63869	0.00321	18.57304	0.00154	13.56554	0.00183	18.55179	0.00210	19.47536
28	0.00168	14.70213	0.00333	18.70942	0.00162	13.73132	0.00191	18.76404	0.00220	19.70442
29	0.00172	14.74777	0.00344	18.80683	0.00170	13.84974	0.00200	18.91566	0.00230	19.86803
30	0.00176	14.77558	0.00356	18.86528	0.00177	13.92079	0.00209	19.00662	0.00240	19.96620
31	0.00179	14.78561	0.00368	18.88476	0.00185	13.94447	0.00218	19.03695	0.00250	19.99892

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70: Tabulación general (Parte 4), Flexión Estática.

N°	CÓDIGO DE PROB. F-16		CÓDIGO DE PROB. F-17		CÓDIGO DE PROB. F-18		CÓDIGO DE PROB. F-19		CÓDIGO DE PROB. F-20	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00003	0.58838	0.00005	0.58604	0.00011	1.41760	0.00006	0.80460	0.00012	1.31862
3	0.00007	1.17675	0.00010	1.17207	0.00022	2.83519	0.00012	1.60920	0.00024	2.63723
4	0.00010	1.76513	0.00015	1.75811	0.00032	4.25279	0.00018	2.41380	0.00036	3.95585
5	0.00013	2.35351	0.00020	2.34414	0.00043	5.67038	0.00024	3.21840	0.00048	5.27447
6	0.00017	2.94188	0.00025	2.93018	0.00054	7.08798	0.00030	4.02300	0.00060	6.59308
7	0.00020	3.53026	0.00030	3.51621	0.00065	8.50557	0.00036	4.82760	0.00072	7.91170
8	0.00023	4.11864	0.00036	4.10225	0.00076	9.92317	0.00042	5.63219	0.00084	9.23032
9	0.00027	4.70702	0.00041	4.68828	0.00086	11.34076	0.00048	6.43679	0.00096	10.54893
10	0.00030	5.29539	0.00046	5.27432	0.00097	12.75836	0.00054	7.24139	0.00108	11.86755
11	0.00033	5.88377	0.00051	5.86035	0.00108	14.17595	0.00060	8.04599	0.00120	13.18616
12	0.00046	7.96519	0.00074	7.86596	0.00116	15.15679	0.00068	8.97125	0.00132	14.19434
13	0.00058	9.93987	0.00097	9.76871	0.00125	16.08732	0.00075	9.84906	0.00145	15.15081
14	0.00071	11.80781	0.00120	11.56861	0.00133	16.96756	0.00083	10.67943	0.00158	16.05558
15	0.00083	13.56901	0.00143	13.26566	0.00142	17.79749	0.00090	11.46234	0.00171	16.90865
16	0.00096	15.22347	0.00166	14.85985	0.00150	18.57713	0.00098	12.19780	0.00184	17.71002
17	0.00108	16.77119	0.00189	16.35120	0.00158	19.30647	0.00105	12.88582	0.00197	18.45969
18	0.00121	18.21217	0.00212	17.73969	0.00167	19.98551	0.00113	13.52638	0.00210	19.15765
19	0.00133	19.54641	0.00235	19.02534	0.00175	20.61425	0.00121	14.11950	0.00223	19.80392
20	0.00146	20.77392	0.00257	20.20813	0.00184	21.19269	0.00128	14.66516	0.00236	20.39848
21	0.00158	21.89468	0.00280	21.28807	0.00192	21.72083	0.00136	15.16338	0.00248	20.94134
22	0.00171	22.90870	0.00303	22.26516	0.00200	22.19867	0.00143	15.61415	0.00261	21.43250
23	0.00183	23.81599	0.00326	23.13939	0.00209	22.62622	0.00151	16.01747	0.00274	21.87196
24	0.00196	24.61653	0.00349	23.91078	0.00217	23.00346	0.00158	16.37333	0.00287	22.25972
25	0.00208	25.31034	0.00372	24.57931	0.00225	23.33041	0.00166	16.68175	0.00300	22.59578
26	0.00221	25.89741	0.00395	25.14500	0.00234	23.60705	0.00173	16.94273	0.00313	22.88014
27	0.00234	26.37773	0.00418	25.60783	0.00242	23.83340	0.00181	17.15625	0.00326	23.11279
28	0.00246	26.75132	0.00441	25.96781	0.00251	24.00945	0.00188	17.32232	0.00339	23.29375
29	0.00259	27.01817	0.00464	26.22494	0.00259	24.13519	0.00196	17.44094	0.00351	23.42300
30	0.00271	27.17828	0.00487	26.37921	0.00267	24.21064	0.00204	17.51212	0.00364	23.50055
31	0.00284	27.23165	0.00510	26.43064	0.00276	24.23579	0.00211	17.53584	0.00377	23.52690

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71: Tabulación general (Parte 5), Flexión Estática.

N°	CÓDIGO DE PROB. F-21		PROMEDIO	
	TABULACIÓN		TABULACIÓN	
	X	Y	M(X)	M(Y)
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00005	0.53023	0.00008	0.88395
3	0.00011	1.06046	0.00016	1.76789
4	0.00016	1.59069	0.00024	2.65184
5	0.00022	2.12092	0.00032	3.53579
6	0.00027	2.65115	0.00040	4.41974
7	0.00033	3.18137	0.00048	5.30368
8	0.00038	3.71160	0.00056	6.18763
9	0.00043	4.24183	0.00064	7.07158
10	0.00049	4.77206	0.00073	7.95553
11	0.00054	5.30229	0.00081	8.83947
12	0.00069	6.52294	0.00090	9.79894
13	0.00085	7.68099	0.00100	10.70921
14	0.00100	8.77645	0.00109	11.57028
15	0.00115	9.80931	0.00119	12.38215
16	0.00131	10.77957	0.00128	13.14481
17	0.00146	11.68723	0.00138	13.85828
18	0.00161	12.53230	0.00148	14.52254
19	0.00177	13.31476	0.00157	15.13761
20	0.00192	14.03464	0.00167	15.70347
21	0.00207	14.69191	0.00176	16.22013
22	0.00223	15.28658	0.00186	16.68759
23	0.00238	15.81866	0.00196	17.10585
24	0.00253	16.28814	0.00205	17.47491
25	0.00269	16.69503	0.00215	17.79477
26	0.00284	17.03931	0.00224	18.06542
27	0.00299	17.32100	0.00234	18.28688
28	0.00315	17.54009	0.00243	18.45914
29	0.00330	17.69659	0.00253	18.58219
30	0.00345	17.79048	0.00263	18.65604
31	0.00361	17.82178	0.00272	18.68072

Fuente: Elaboración propia.

LÍNEAS DE TENDENCIA PROMEDIO
DISPERSOGRAMA: ESFUERZO vs. DEFORMACIÓN UNITARIA
FLEXIÓN ESTÁTICA
(Bambú; *Guadua angustifolia* Kunth)

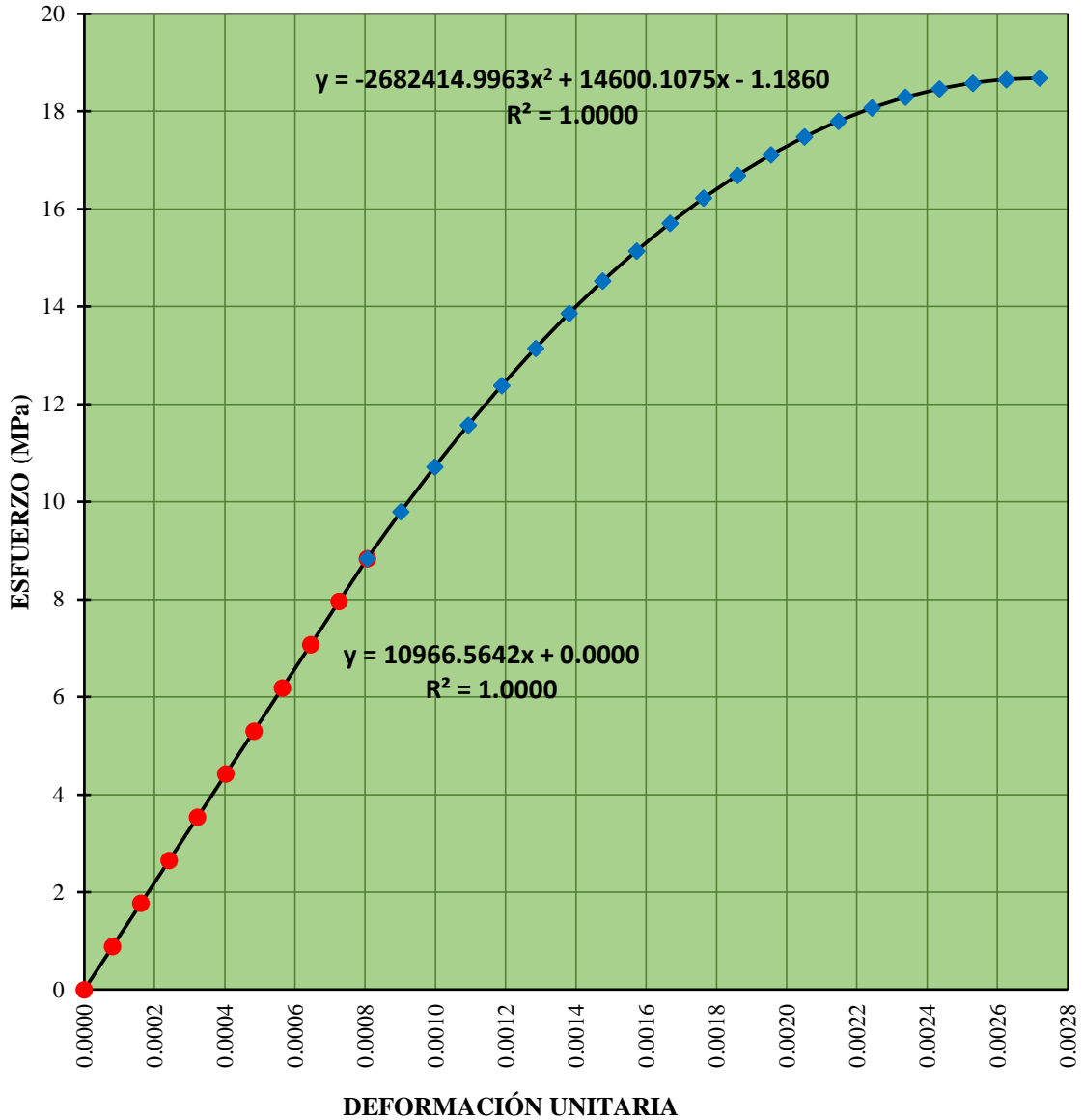


Figura 36. Curva ajustada de ensayo a Flexión Estática.

Fuente: Elaboración propia.

* $R^2 = 1$, puntos obtenidos estrictamente de las funciones desplazadas y tratadas según el ítem 2.6.2.2.

Tabla 72: Modelamiento Matemático de Comportamiento, Punto de Fluencia, Punto de Rotura y Tabulación Promedio Final: Flexión Estática.

Teniendo la línea de tendencia promedio, Esfuerzo vs Deformación Unitaria para compresión paralela a la fibra, para la *Guadua angustifolia* Kunth a ceros:

Luego de efectuar la traslación de la línea de Tendencia promedio, la función que predecirá el COMPORTAMIENTO ELÁSTICO PROMEDIO, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, para flexión estática será:

$$Y = 10966.5642x$$

Luego de efectuar la traslación de la línea de Tendencia promedio, la función que predecirá el COMPORTAMIENTO PLÁSTICO PROMEDIO, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, para flexión estática será:

$$Y = -2682414.9963x^2 + 14600.1075x - 1.1860$$

El punto de intersección entre ambas curvas que vendría a representar el punto correspondiente en el Límite proporcional será:

$$(x,y) = (0.000806038, 8.83947237)$$

El vértice de la parábola de la función cuadrática, que vendría a representar el punto correspondiente al esfuerzo de rotura, será:

$$V = (0.002721344, 18.68072180)$$

PROMEDIO TABULACIÓN PTO. A PTO.	
M(X)	M(Y)
0.00000	0.00000
0.00008	0.88395
0.00016	1.76789
0.00024	2.65184
0.00032	3.53579
0.00040	4.41974
0.00048	5.30368
0.00056	6.18763
0.00064	7.07158
0.00073	7.95553
0.00081	8.83947
0.00090	9.79894
0.00100	10.70921
0.00109	11.57028
0.00119	12.38215
0.00128	13.14481
0.00138	13.85828
0.00148	14.52254
0.00157	15.13761
0.00167	15.70347
0.00176	16.22013
0.00186	16.68759
0.00196	17.10585
0.00205	17.47491
0.00215	17.79477
0.00224	18.06542
0.00234	18.28688
0.00243	18.45914
0.00253	18.58219
0.00263	18.65604
0.00272	18.68072

Fuente: Elaboración propia.

COMPORTAMIENTO PROMEDIO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA
FLEXIÓN ESTÁTICA
(Bambú; *Guadua angustifolia* Kunth)

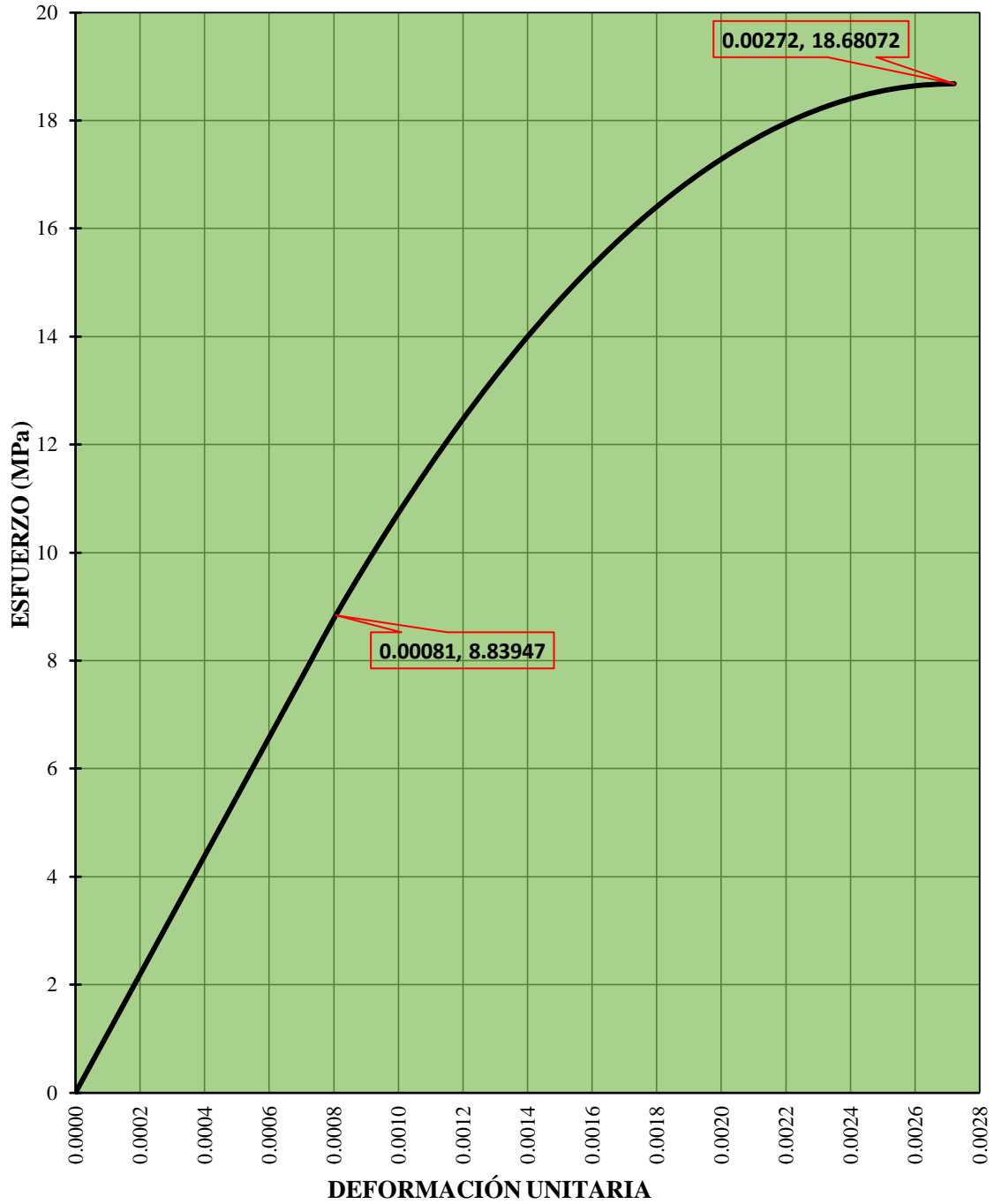


Figura 37. Curva de comportamiento promedio: Flexión Estática.

Fuente: Elaboración propia.

ABANICO DE CURVAS DE COMPORTAMIENTO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA

FLEXIÓN ESTÁTICA
(Bambú; *Guadua angustifolia* Kunth)

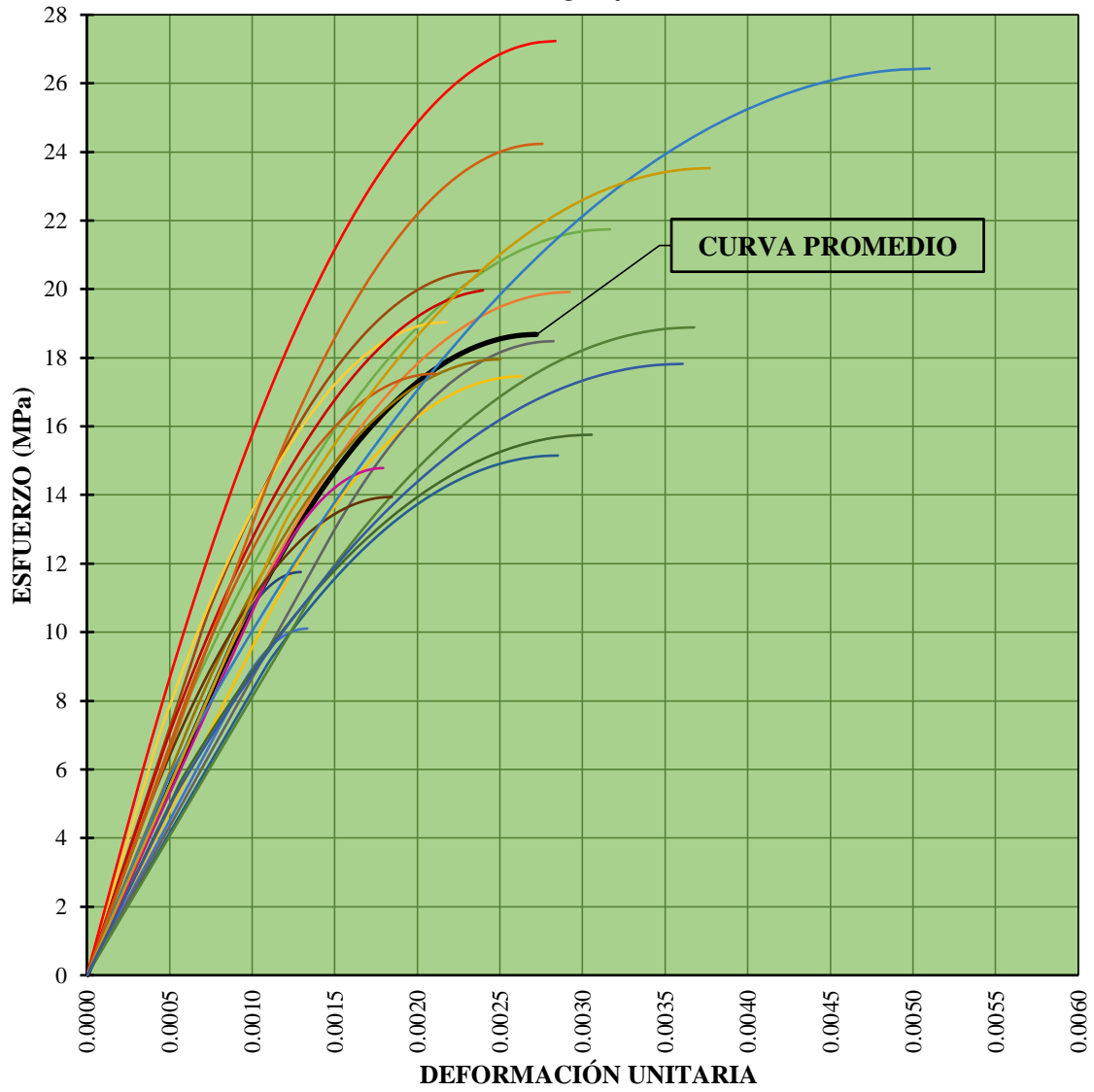


Figura 38. Curva de Comportamiento Promedio Esfuerzo y Deformación Unitaria de todas las probetas sometidas a Flexión Estática.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.2.4. Procesamiento de datos: Tracción Paralela a la fibra

2.6.2.2.4.1. Tratamiento estadístico: Tracción Paralela a la fibra

Tabla 73: Tratamiento estadístico: Tracción Paralela a la Fibra.

N°	CÓDIGO PROBETA	CONT. HUMEDAD %	TIEMPO DE FALLA (s)	ESFUERZO DE ROTURA O ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	ESFUERZO ADMISIBLE (MPa)
					$\sigma_{ADM} = \frac{F_c}{(F_s)(F_{DC})} \times \sigma_R$
1	TR//01	75.71	90.00	53.22658	19.980
2	TR//02	83.63	49.10	38.01208	14.269
3	TR//03	80.63	42.79	36.71805	13.783
4	TR//04	92.54	59.93	49.57745	18.610
5	TR//05	88.25	72.25	52.93751	19.871
6	TR//06	90.44	53.73	54.56485	20.482
7	TR//07	99.72	73.85	39.56221	14.851
8	TR//08	106.70	56.70	40.56778	15.228
9	TR//09	86.47	69.71	46.76147	17.553
10	TR//10	111.93	43.51	50.74268	19.048
11	TR//11	74.60	73.91	48.86304	18.342
12	TR//12	100.31	62.44	53.37866	20.037
13	TR//13	110.37	35.07	23.75350	8.916
14	TR//14	93.11	58.39	49.22699	18.479
15	TR//15	120.47	32.30	15.80773	5.934
16	TR//16	84.45	61.77	53.91245	20.237
17	TR//17	85.19	43.58	24.50566	9.199
18	TR//18	91.81	77.81	55.40058	20.796
19	TR//19	115.28	46.16	39.79136	14.937
20	TR//20	77.50	74.32	62.42215	23.432
	M(X)	93.456	58.866	44.48664	16.699
	S(D)	13.609	15.602	12.10794	4.545
	CV%	14.562	26.504	27.217	27.217
	Límite de exclusión del 5%			15.80773	5.93383

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.2.5. Procesamiento de datos: Corte Paralelo a la Fibra

2.6.2.2.5.1. Tratamiento estadístico: Corte Paralelo a la Fibra

Tabla 74: Tratamiento estadístico: Corte Paralelo a la Fibra.

N°	CÓDIGO PROBETA	CONT. HUMEDAD %	ESFUERZO DE ROTURA O ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	ESFUERZO ADMISIBLE
				(MPa) Fc=0.60 Fs=1.80 Fdc=1.10 $\sigma_{ADM} = \frac{F_c}{(F_s)(F_{DC})} \times \sigma_R$
1	CP1	94.13	2.70885	0.821
2	CP2	103.09	3.09257	0.937
3	CP3	133.90	2.53777	0.769
4	CP4	105.49	2.40945	0.730
5	CP5	109.12	3.84372	1.165
6	CP6	122.54	2.99918	0.909
7	CP7	125.78	2.74307	0.831
8	CP8	101.15	2.25263	0.683
9	CP9	91.55	3.12858	0.948
10	CP10	114.72	4.36734	1.323
11	CP11	110.55	4.55413	1.380
12	CP12	82.60	4.28512	1.299
13	CP13	82.74	5.41967	1.642
14	CP14	114.37	4.49270	1.361
15	CP15	93.22	4.40374	1.334
16	CP16	106.85	1.54761	0.469
17	CP17	108.51	3.95107	1.197
18	CP18	97.14	5.02484	1.523
19	CP19	112.32	4.69795	1.424
20	CP20	85.55	5.07221	1.537
21	CP21	136.63	2.82544	0.856
22	CP22	129.02	3.91279	1.186
23	CP23	110.89	2.52066	0.764
24	CP24	109.01	3.16173	0.958
25	CP25	129.37	2.24882	0.681
26	CP26	112.11	2.42004	0.733
27	CP27	131.85	2.40698	0.729
28	CP28	120.16	4.08283	1.237
29	CP29	90.41	3.96970	1.203
30	CP30	108.94	3.15888	0.957
31	CP31	118.71	5.49850	1.666
32	CP32	120.05	4.76411	1.444
33	CP33	114.84	2.85428	0.865
34	CP34	76.98	2.92841	0.887
35	CP35	115.28	1.82099	0.552
36	CP36	101.44	4.75960	1.442
37	CP37	106.09	4.28512	1.299
38	CP38	94.32	4.35926	1.321
39	CP39	104.69	3.23862	0.981
40	CP40	99.27	3.33617	1.011
M(X)		108.135	3.55213	1.076
S(D)		14.667	1.03950	0.315
CV%		13.563	29.26421	29.264
Límite de exclusión del 5%			1.82099	0.552

Fuente: Elaboración propia.

III. RESULTADOS

3.1. Ensayos de Carácter Físico

3.1.1. Contenido de Humedad

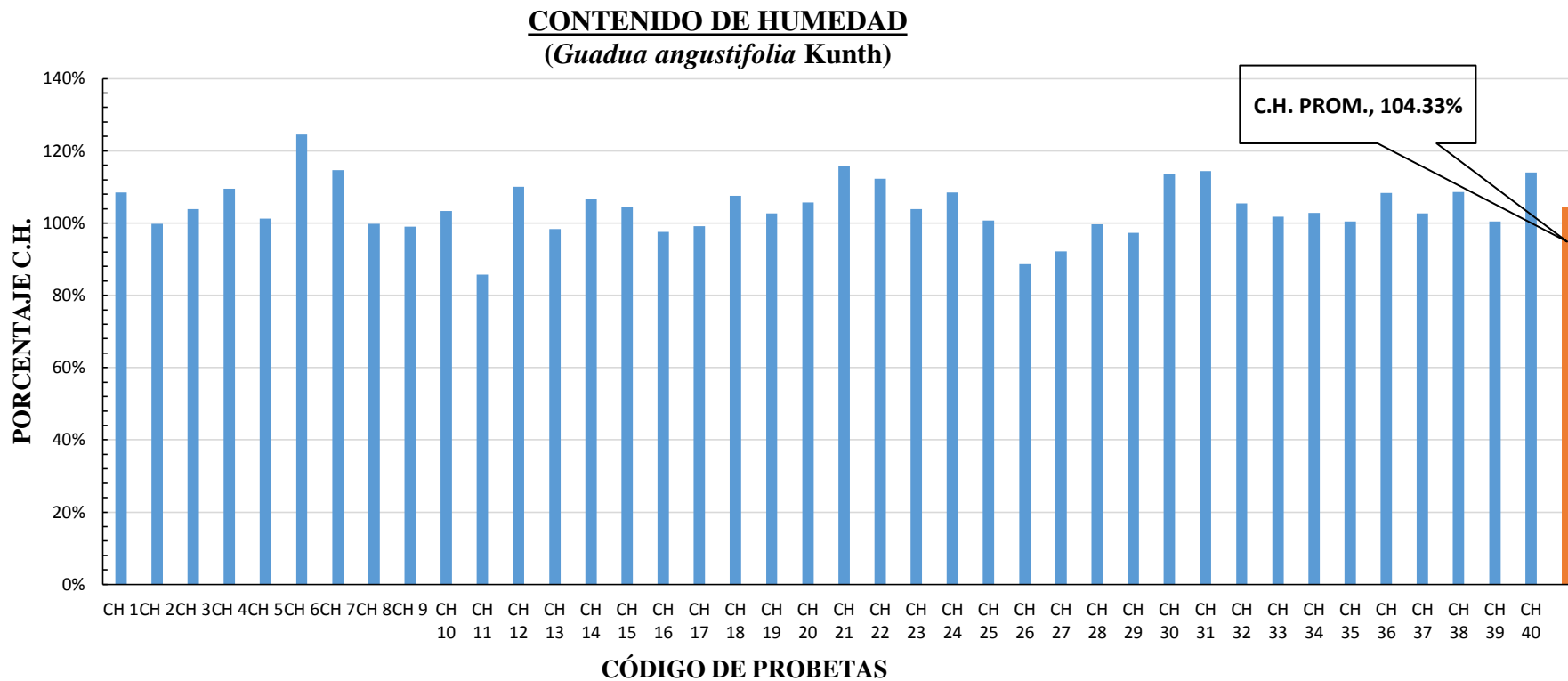


Figura 39. Contenido de humedad y valor promedio probetas de *Guadua angustifolia* Kunth.

(Fuente: Elaboración propia).

3.1.2. Densidad

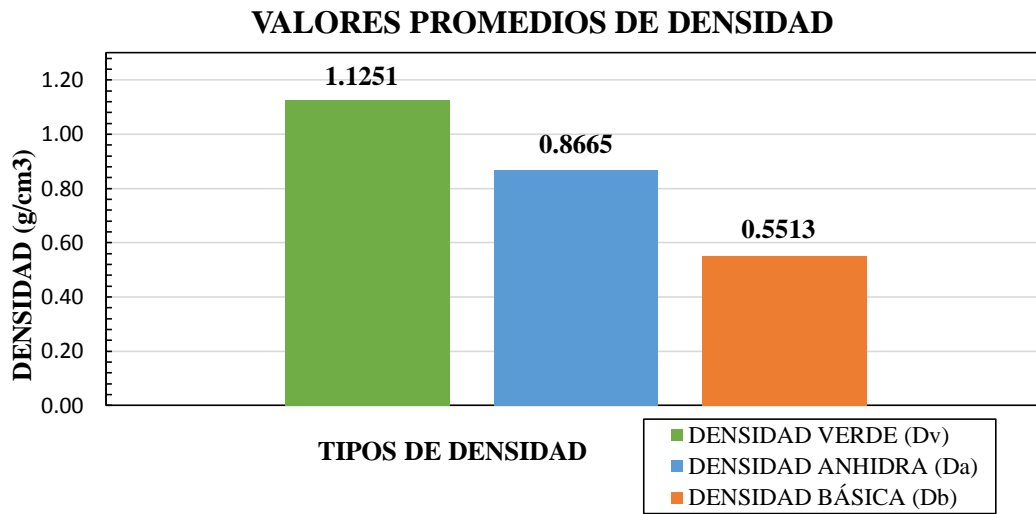


Figura 40. Valor promedio, densidad probetas de *Guadua angustifolia* Kunth.

(Fuente: Elaboración propia).

DENSIDAD BÁSICA (Db), DENSIDAD ANHIDRADA (Da) Y DENSIDAD VERDE (Dv)
(Guadua angustifolia Kunth)

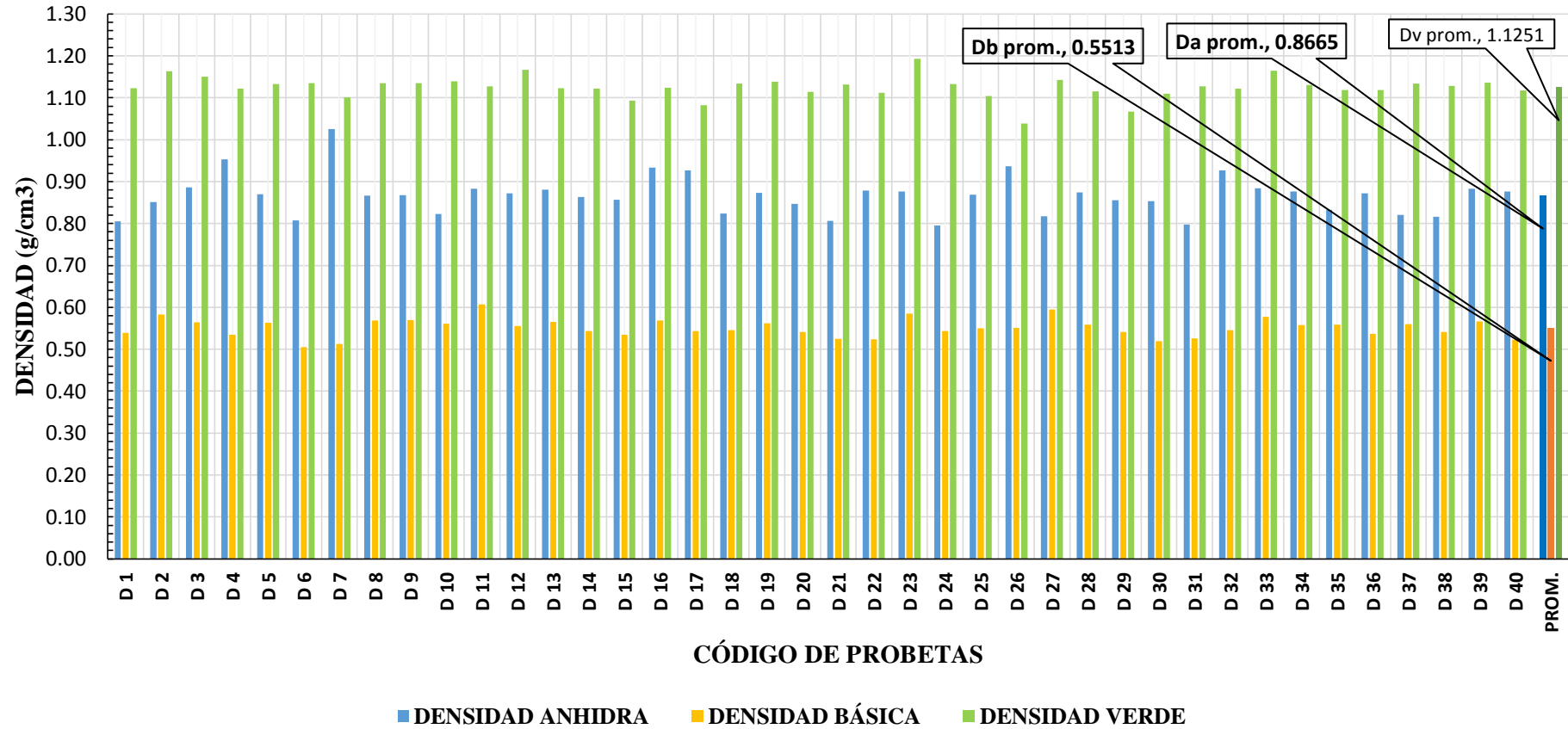


Figura 41. Valores comparativos, densidad probetas de *Guadua angustifolia* Kunth.

(Fuente: Elaboración propia).

3.1.3. Contracción

CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA (*Guadua angustifolia* Kunth)

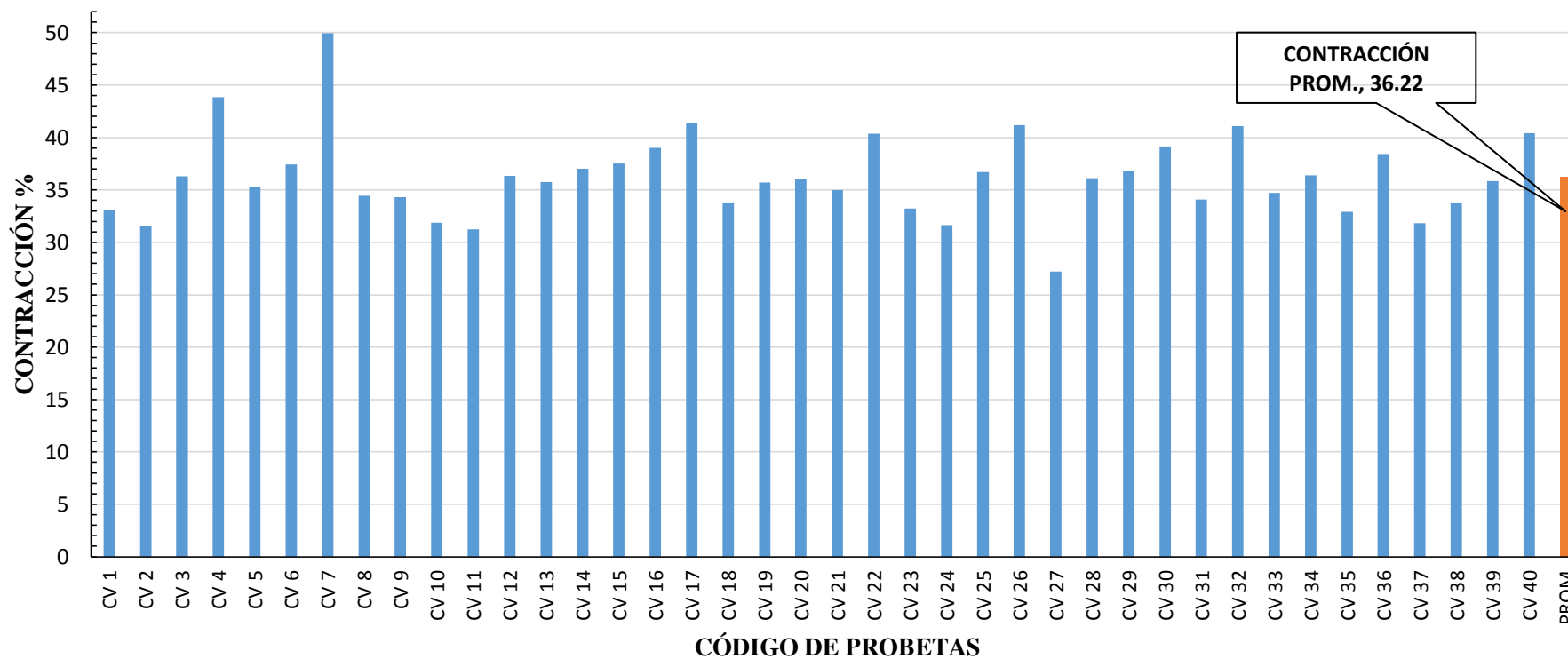


Figura 42. Valores, contracción volumétrica probetas de *Guadua angustifolia* Kunth.

(Fuente: Elaboración propia).

3.2. Ensayos de Carácter Mecánico

3.2.1. Compresión Paralela a la Fibra

Gráficos de resultados: compresión paralela a la fibra

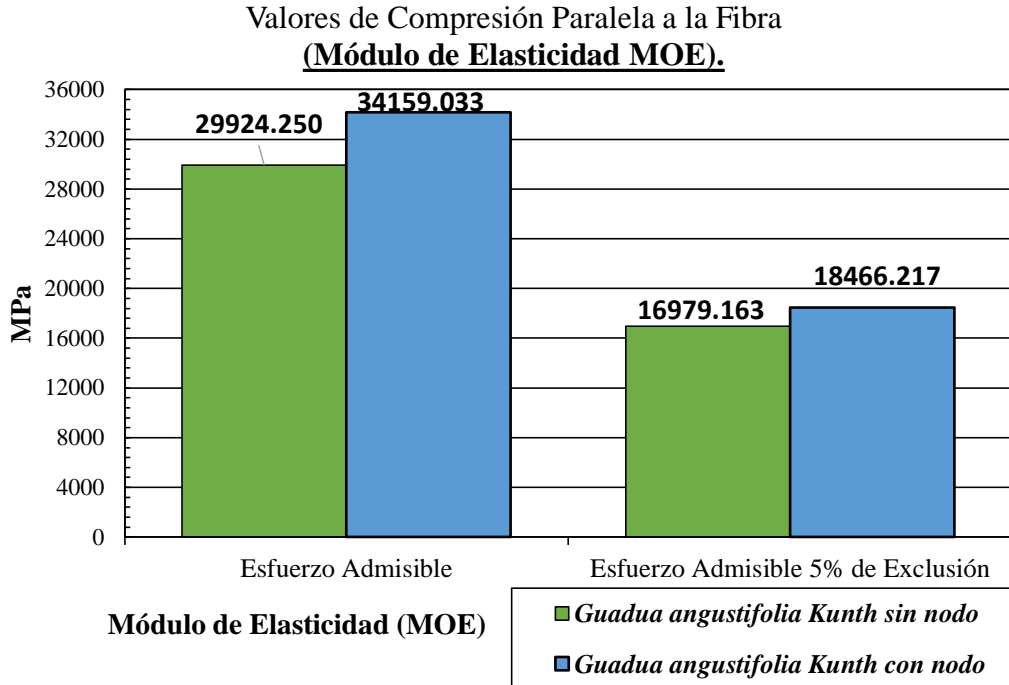


Figura 43. MOE, Compresión Paralela a la Fibra (Probeta de *Guadua angustifolia* Kunth).

Fuente: Elaboración propia).

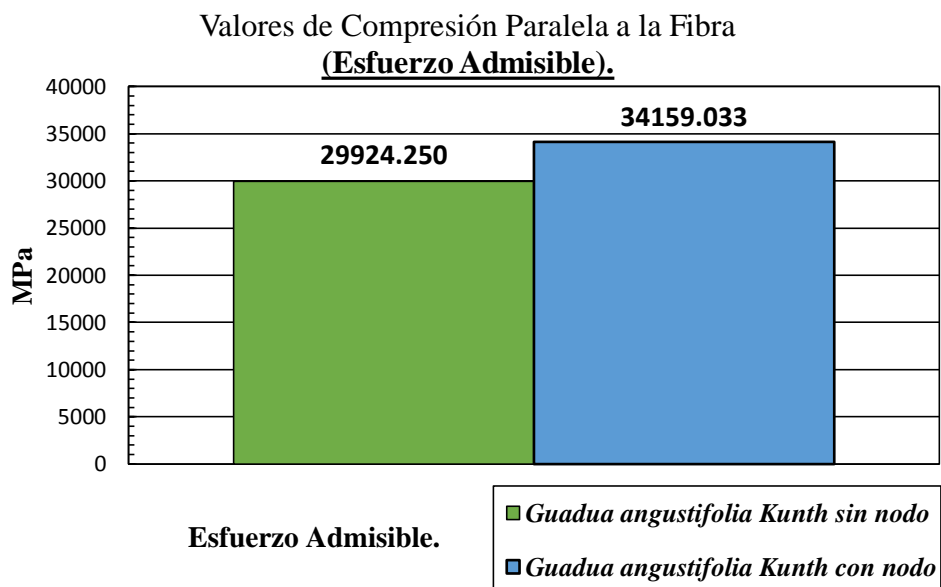


Figura 44. ESF. ADM., Compresión Paralela a la Fibra (Probeta de *Guadua angustifolia* Kunth).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 75: Resultados finales compresión paralela a la fibra (*Guadua angustifolia* Kunth).

PROPIEDAD	Valor en Mpa	
	<i>CON NODO</i>	<i>SIN NODO</i>
Módulo de Elasticidad Promedio (MOE).	34159.033	29924.250
MOE al Límite de Exclusión del 5%.	18466.217	16979.163
Esfuerzo Admisible Promedio.	18.408	14.701
Esfuerzo Admisible al Límite de Exclusión del 5%.	13.357	11.793
Esfuerzo Promedio de Rotura.	33.135	26.461
Esfuerzo de Rotura al Límite Exclusión del 5%.	24.042	21.227
Esfuerzo Promedio en el Límite Proporcional.	27.033	21.653
Esfuerzo en el Límite Proporcional al Límite de Exclusión del 5%.	19.634	16.676

Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN: COMPORTAMIENTO PROMEDIO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA
 Compresión Paralela a la Fibra Con Nodo y Sin Nodo
 (Bambú; *Guadua angustifolia* Kunth)

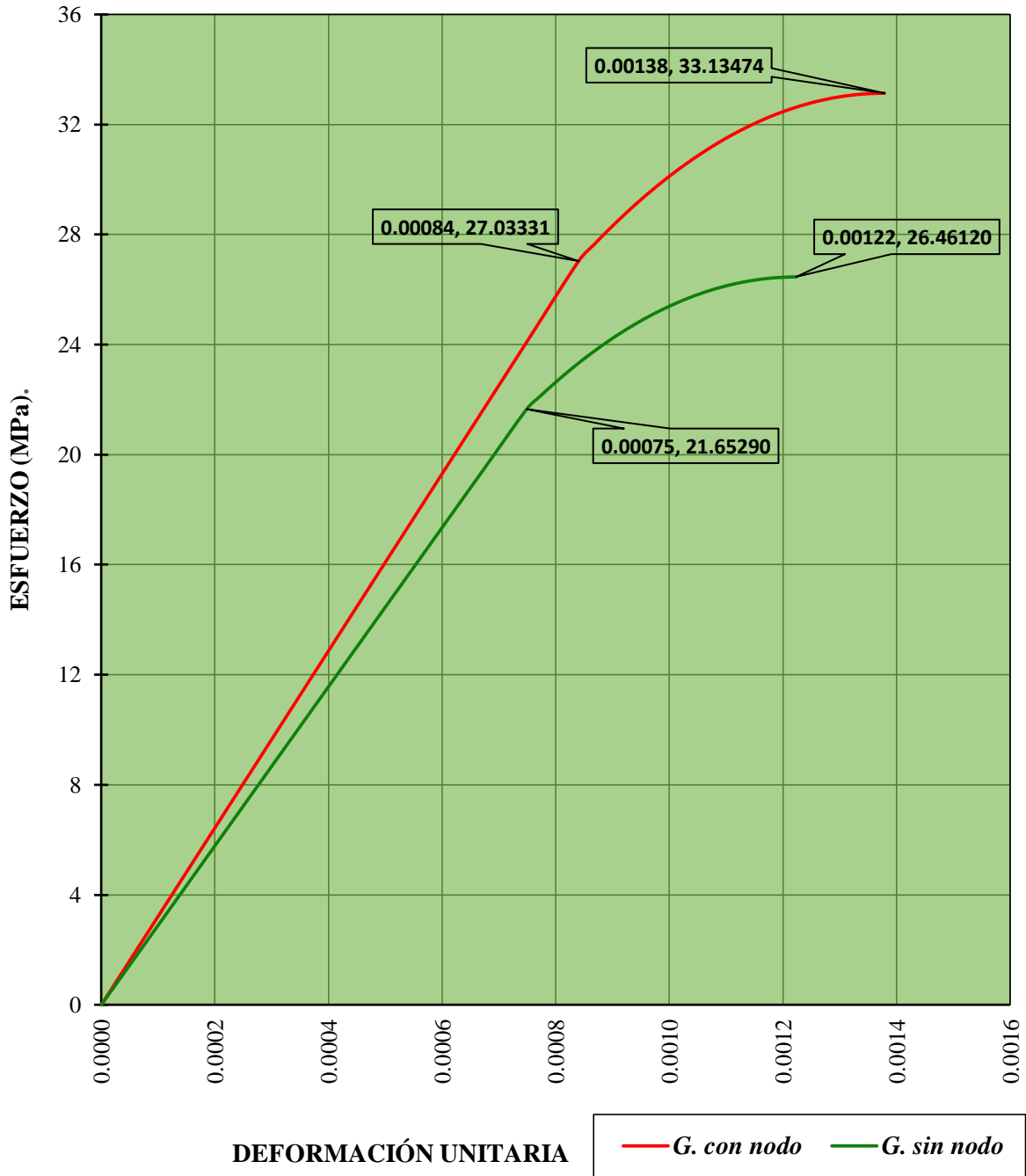


Figura 45. Comparación Gráfica Curva de Comportamiento Promedio Probetas de *Guadua angustifolia* Kunth con nodo VS Curva de Comportamiento Promedio Probetas de *Guadua angustifolia* Kunth sin nodo Compresión Paralela a la Fibra.

(Fuente: Elaboración propia).

3.2.2. Compresión Perpendicular a la Fibra

Gráficos de resultados: compresión perpendicular a la fibra

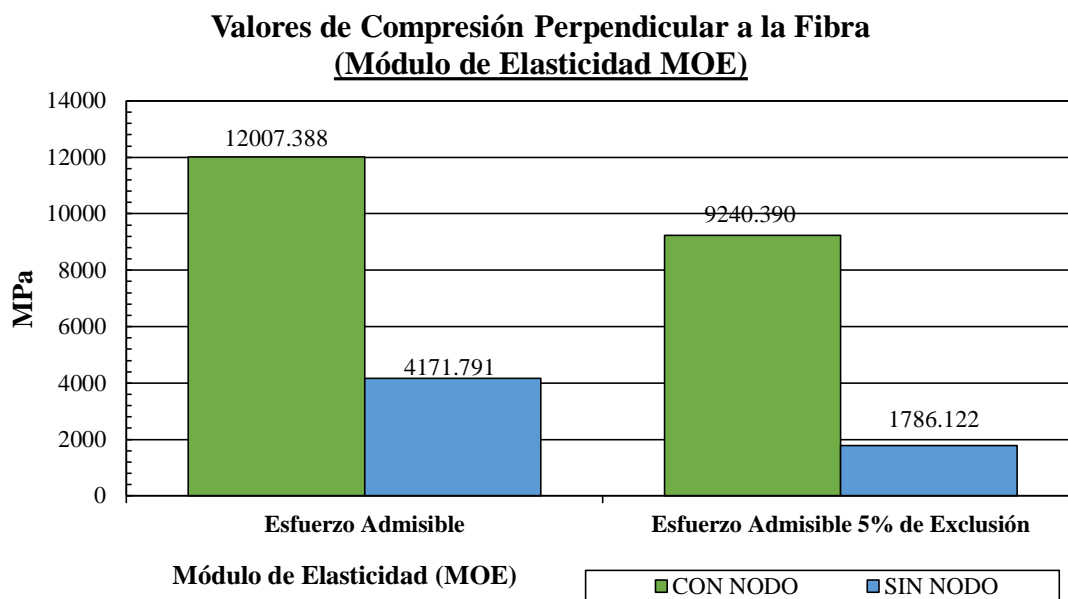


Figura 46. MOE, Compresión Perpendicular a la Fibra (Probeta de *Guadua angustifolia* Kunth).

Fuente: Elaboración propia.

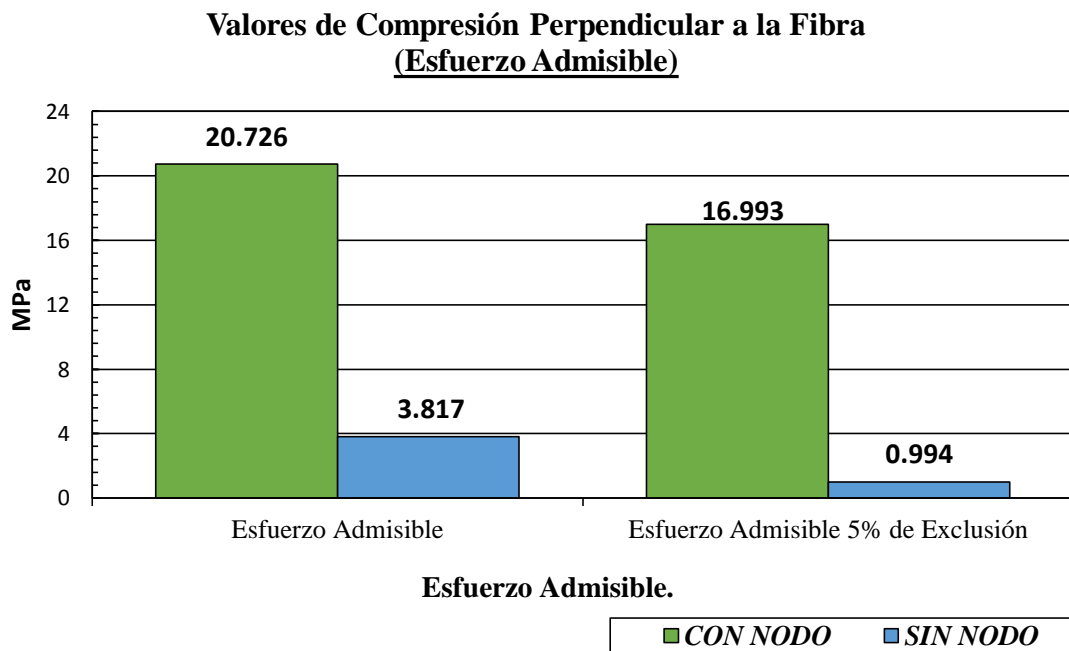


Figura 47. ESF. ADM., Compresión Perpendicular a la Fibra (Probeta de *Guadua angustifolia* Kunth).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76: Resultados finales compresión perpendicular a la fibra (*Guadua angustifolia* Kunth).

PROPIEDAD	Valor en MPa	
	CON NODO	SIN NODO
Módulo de Elasticidad Promedio (MOE).	12007.388	4171.791
MOE al Límite de Exclusión del 5%.	9240.390	1786.122
Esfuerzo Admisible Promedio.	20.726	3.817
Esfuerzo Admisible al Límite de Exclusión del 5%.	16.993	0.994
Esfuerzo Promedio en el Límite Proporcional.	44.768	8.244
Esfuerzo en el Límite Proporcional al Límite de Exclusión del 5%.	36.705	2.147

Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN: COMPORTAMIENTO PROMEDIO
ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN UNITARIA

Compresión Perpendicular a la Fibra
(*Guadua angustifolia* Kunth)

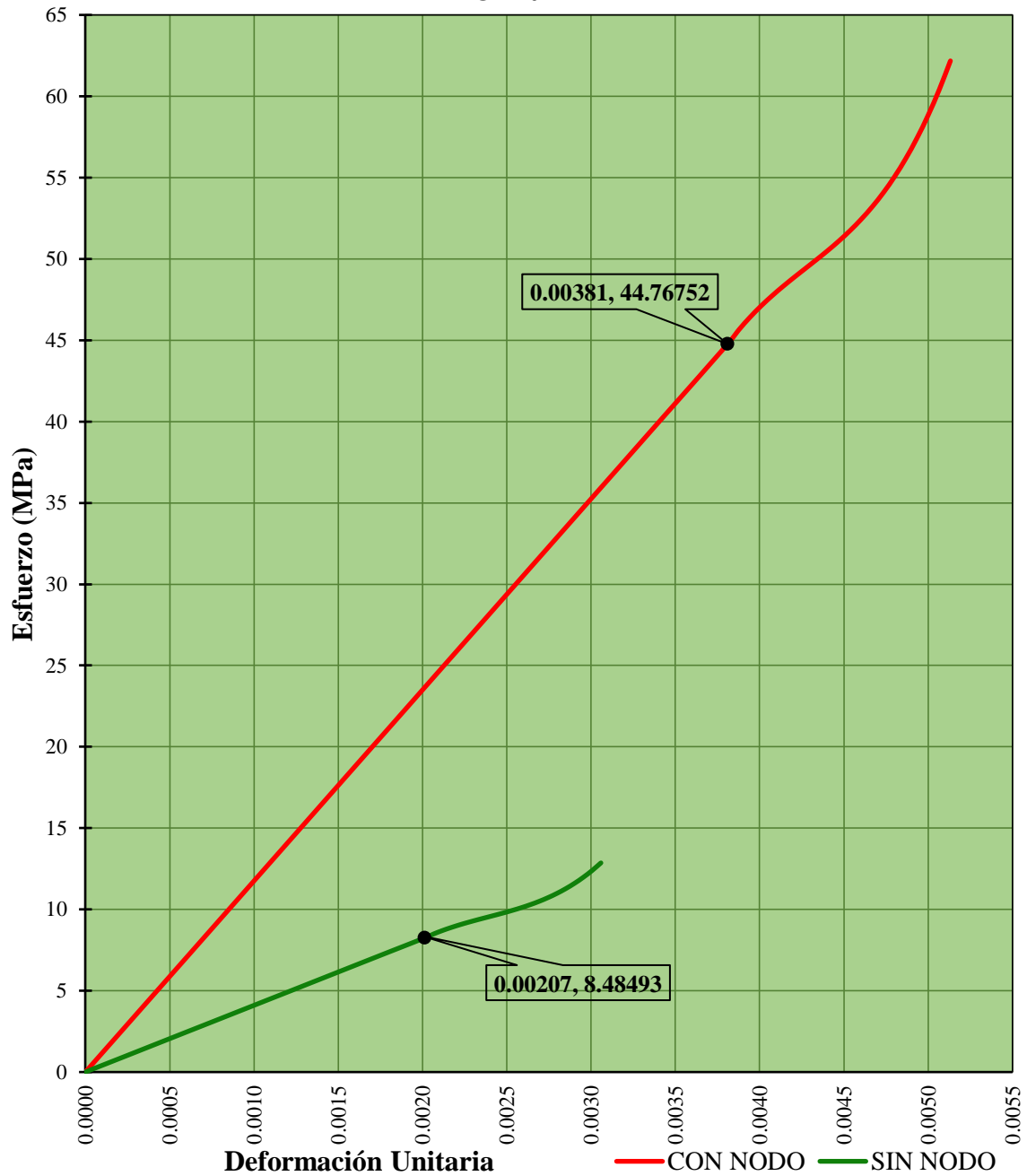


Figura 48. Comparación Gráfica Curva de Comportamiento Promedio Probetas de *Guadua angustifolia* Kunth con nodo VS Curva de Comportamiento Promedio Probetas de *Guadua angustifolia* Kunth sin nodo Compresión Perpendicular a la Fibra.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Flexión Estática

Gráficos de resultados: Flexión Estática

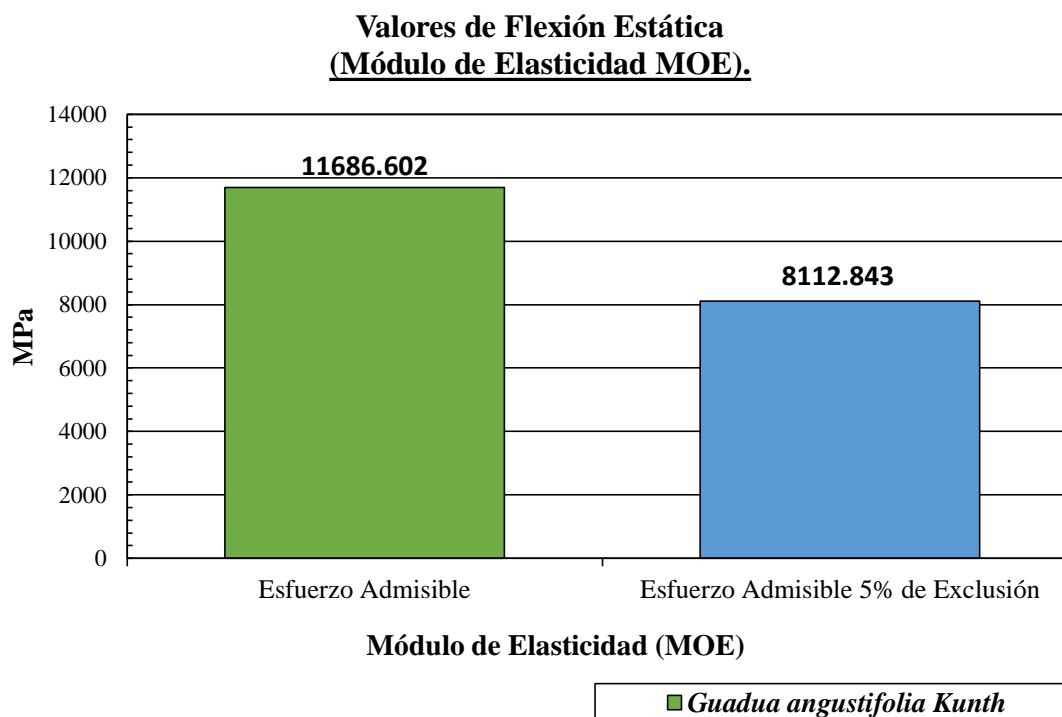


Figura 49. MOE, Flexión Estática (Probeta de *Guadua angustifolia* Kunth).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77: Resultados finales Flexión Estática (*Guadua angustifolia* Kunth).

FLEXIÓN ESTÁTICA	
Módulo de Elasticidad Promedio (MOE).	11686.602
MOE al Límite de Exclusión del 5%.	8112.843
Esfuerzo Admisible Promedio.	9.340
Esfuerzo Admisible al Límite de Exclusión del 5%.	5.052
Esfuerzo Promedio de Rotura.	18.681
Esfuerzo de Rotura al Límite Exclusión del 5%.	10.105
Esfuerzo Promedio en el Límite Proporcional.	8.839
Esfuerzo en el Límite Proporcional al Límite de Exclusión del 5%.	4.471

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Tracción Paralela a la Fibra

Gráficos de resultados: Tracción Paralela a la Fibra

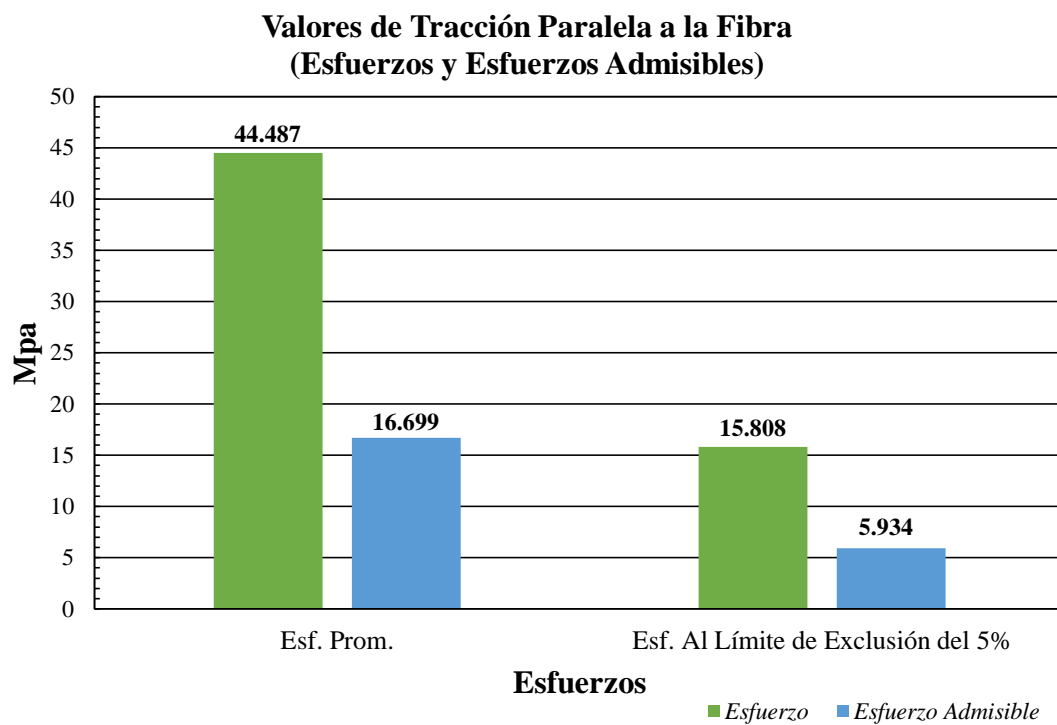


Figura 50. Esfuerzos, Tracción Paralela a la Fibra (Probeta de *Guadua angustifolia* Kunth).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78: Resultados finales tracción paralela a la fibra (*Guadua angustifolia* Kunth).

PROPIEDAD	Valor en MPa
Esfuerzo Promedio.	44.487
Esfuerzo al Límite de Exclusión del 5%.	15.808
Esfuerzo Promedio Admisible	16.699
Esfuerzo Admisible en el Límite Proporcional al Límite de Exclusión del 5%.	5.934

Fuente: Elaboración propia

3.2.5. Corte Paralelo a la Fibra

Gráfico de resultados: Corte Paralelo a la Fibra

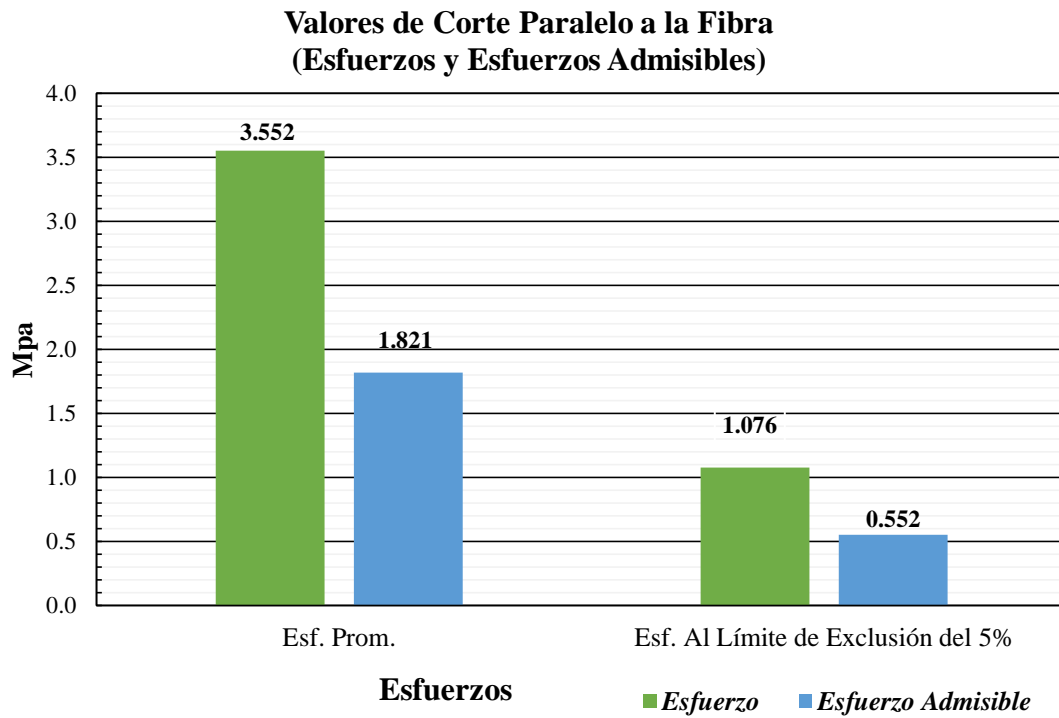


Figura 51. Esfuerzos, corte paralelo a la fibra: probetas de *Guadua angustifolia* Kunth.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79: Resultados finales corte paralelo a la fibra (*Guadua angustifolia* Kunth).

PROPIEDAD	Valor en MPa
Esfuerzo Promedio.	3.552
Esfuerzo al Límite de Exclusión del 5%.	1.821
Esfuerzo Promedio Admisible	1.076
Esfuerzo Admisible en el Límite Proporcional al Límite de Exclusión del 5%.	0.552

Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

Ensayos Físicos

Contenido de Humedad

Debido a la ausencia de información normativa en nuestro país se tomó como referencia la NTC – 5525, ISO/TR 22157-2:2004 Complementado por El Manual de Diseño Para Maderas del Grupo Andino el cual en su sección 1.3.1 (Características Físicas de la Madera - Contenido de Humedad), establece que el punto de saturación de las fibras (PSF) varía de 25 a 35 por ciento, rango que representa, a las probetas que están en sus condiciones más desfavorables de servicio (PADT REFORT, 1984). Es relativo a los valores promedio del contenido de humedad de las probetas de *Guadua angustifolia* Kunth las cuales superan el rango establecido por la norma, lo cual indica que las probetas se encontraban por encima del punto de saturación de las fibras.

Es necesario aclarar que el contenido de humedad de las probetas de *Guadua angustifolia* Kunth han sido tomados en sus condiciones de humedad natural.

Densidad

El Reglamento Nacional de Edificaciones norma E.010 (Madera) en el artículo 5 (Agrupamiento) sección 5.2.1 (Densidad Básica), establece tres grupos estructurales, en función de su resistencia y densidad básica, las densidades básicas de la madera del grupo tipo “A” están en un rango ≥ 0.71 gr/cm³, el grupo tipo “B” entre 0.56 – 0.70 gr/cm³, y las del grupo tipo “C” 0.40 – 0.55 gr/cm³.

Debido a la ausencia de una agrupación estructural para bambú y basados en el Reglamento Nacional de Edificaciones se tuvo a bien realizar esta clasificación, respecto a nuestros resultados finales obtenidos, para Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) la densidad básica promedio es de 0.55 gr/cm³ con lo cual se acoge al grupo estructural tipo “C”.

Contracción

Los resultados finales obtenidos en nuestra investigación para Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) es 36.22 %. Es necesario aclarar que los ensayos realizados para la contracción de las probetas han sido tomados en sus condiciones de humedad natural.

El Manual del Grupo Andino en la sección 1.3.2, (Características Físicas de la Madera – Cambios Dimensionales) indica que la relación CT/CR (Contracción Tangencial / Contracción Radial) varía de **1.65 a 2.30** (PADT REFORT, 1984) los valores de esta relación son relativos para el caso de *Guadua angustifolia* Kunth esto debido a su estructura interna del material ensayado.

Ensayos Mecánicos

Compresión Paralela a la Fibra

En el presente ensayo se tuvo como guía el Manual de Diseño Para Maderas del Grupo Andino el cual en la sección 1.4.1 (Propiedades Resistentes de la Madera - Resistencia a la Compresión Paralela) hace referencia que los valores del esfuerzo de rotura en compresión paralela a las fibras para ensayos de laboratorio varían entre 100 y 900 kg/cm² para maderas tropicales; cabe agregar que el límite proporcional es aproximadamente el 75 por ciento del esfuerzo máximo y la deformación es del orden del 60 por ciento de la máxima. (PADT REFORT, 1984).

La NTP E. 100 en su sección 8.4.1 (Esfuerzos Admisibles) hace referencia para ensayos de compresión paralela un esfuerzo admisible de 13 Mpa, en nuestra investigación se obtuvo un esfuerzo admisible de 14.7 Mpa para probetas de *Guadua angustifolia* Kunth **sin nudo** y 18.41 Mpa para probetas de *Guadua angustifolia* Kunth **con nudo**, siendo mayores a los establecidos en la NTP E. 100, el esfuerzo de rotura en compresión paralela a la fibra obtenida para probetas de *Guadua angustifolia* Kunth **sin nudo** es en promedio de 26.5 Mpa y para probetas de *Guadua angustifolia* Kunth **con nudo** es en promedio 33.13 Mpa respectivamente; en comparación con los valores dados para maderas tropicales se encuentra dentro del rango establecido por el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino; la relación entre el esfuerzo al límite proporcional y el esfuerzo máximo, así como la deformación en el límite proporcional y la deformación máxima de los resultados de nuestra investigación, son como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 80: Porcentaje de límite proporcional con respecto al límite de rotura para compresión paralela a la fibra (probetas de *Guadua angustifolia* Kunth).

<i>Guadua angustifolia</i> Kunth / Compresión Paralela a la Fibra	Valor del Esfuerzo (MPa)		Deformación Unitaria		% del Límite Prop. con Respecto al Límite de Rotura	
	Límite Prop.	Máximo	Límite Prop.	Máximo	En Esfuerzo	En Deformación
CON NODO	27.03331	33.13474	0.00084	0.00138	81.59	60.94
SIN NODO	21.65290	26.46120	0.00075	0.00122	81.83	61.23

Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo admisible al límite de exclusión del 5% para probetas de *Guadua angustifolia* **Kunth sin nodo** encontrada es de 11.79 Mpa y el esfuerzo admisible promedio para compresión paralela a la fibra para probetas de *Guadua angustifolia* **Kunth sin nodo** es de 14.7 Mpa, estos valores estarían clasificando al bambú de acuerdo al valor numérico establecido en la tabla 7.1 (Esfuerzos Admisibles) del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, el cual indica que para madera del grupo estructural tipo A, establece para el esfuerzo máximos admisible un valor de 14.5 Mpa, en compresión paralela a la fibra ($f_c//$).

El esfuerzo admisible al límite de exclusión del 5% para probetas de *Guadua angustifolia* **Kunth con nodo** encontrada es de 13.35 Mpa y el esfuerzo admisible promedio para compresión paralela a la fibra para probetas de *Guadua angustifolia* **Kunth con nodo** es de 18.4 Mpa, estos valores estarían clasificando al bambú de acuerdo al valor numérico establecido en la tabla 7.1 (Esfuerzos Admisibles) del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, el cual indica que para madera del grupo estructural tipo A, establece para el esfuerzo máximos admisible un valor de 14.5 Mpa, en compresión paralela a la fibra ($f_c//$).

La figura 28, indica el comportamiento mecánico promedio, mostrando el punto correspondiente al límite proporcional y el punto correspondiente al esfuerzo de rotura de las probetas de *Guadua angustifolia* **Kunth sin nodo** y **con nodo** ante esfuerzos de compresión paralela a la fibra, además nos indica que para un mismo esfuerzo de compresión paralela a la fibra (dentro de los rangos elásticos) la deformación unitaria de las probetas de *Guadua angustifolia* **Kunth con nodo** es mayor a la deformación unitaria de las probetas de *Guadua angustifolia* **Kunth sin nodo**; así mismo se observa claramente que la respuesta

mecánica a la compresión paralela a la fibra de las probetas de ***Guadua angustifolia* Kunth con nodo** es mayor a la respuesta mecánica a la compresión paralela a la fibra de las probetas de ***Guadua angustifolia* Kunth sin nodo**

Compresión Perpendicular a la Fibra

En nuestra investigación, el esfuerzo en el límite proporcional en compresión perpendicular a la fibra para probetas de ***Guadua angustifolia* Kunth sin nodo** es de 8.24 MPa y para probetas de ***Guadua angustifolia* Kunth con nodo** es en promedio 44.76 MPa como lo podemos observar en la presente tabla:

Tabla 81: Relación: Esfuerzo en el límite proporcional Compresión Paralela a la fibra- esfuerzo en el límite proporcional compresión perpendicular a la fibra (*Guadua angustifolia* Kunth).

<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Valor del Esfuerzo en el Límite Proporcional (MPa) Compr. Par. a la Fibra	Valor del Esfuerzo en el Límite Proporcional (MPa) Compr. Perp. a la Fibra	Deformación Unitaria Compr. Par. a la Fibra	Deformación Unitaria Compr. Perp. a la Fibra	Variación entre σ LP Compr. Paralela y σ LP Compr. Perpend.	Variación entre DU Compr. Paralela y DU Compr. Perpend.
CON NODO	27.03331	44.76752	0.00084	0.00381	60.39%	22.05%
SIN NODO	21.65290	8.24410 *	0.00075	0.00201	38.07% **	37.20%
	Este esfuerzo no sigue la relación general de los demás valores, puesto que las probetas ensayadas al ser sin nodo no tienen mucha * resistencia a la compresión perpendicular a la fibra o aplastamiento.					
**	Porcentaje obtenido de Valor del Esfuerzo en el Límite Proporcional Compr. Perp. a la Fibra/Valor del Esfuerzo en el Límite Proporcional Compr. Par. a la Fibra.					

Fuente: Elaboración propia.

El esfuerzo admisible al límite de exclusión del 5% relativo a compresión perpendicular a la fibra para probetas de ***Guadua angustifolia* Kunth sin nodo** encontrada por nuestra investigación es de 0.994 MPa, para probetas de ***Guadua angustifolia* Kunth con nodo** es de 16.9 MPa y el esfuerzo admisible promedio relativo a compresión perpendicular a la fibra encontrada por nuestra investigación para probetas de ***Guadua angustifolia* Kunth sin nodo** es de 3.82 MPa, para probetas de ***Guadua angustifolia* Kunth con nodo** es de 20.73 MPa Atendiendo a las tablas 7.1, 8.5 y 13.2 (Esfuerzos Admisibles, Esfuerzo Máximo Admisible para Compresión Perpendicular a la Fibra, Esfuerzo Admisible y Modulo de Elasticidad) del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, en el caso de compresión perpendicular con nodo encontramos que este valor es superior a lo establecido para maderas del grupo estructural A, B y C, el cual establece un valor de 4.0 MPa, 2.8 MPa, y 1.5 MPa, a diferencia de las probetas de compresión perpendicular sin nodo se encontraría por debajo de los

valores establecidos, respectivamente para el esfuerzo máximo admisible de compresión perpendicular a la fibra. Los valores obtenidos para el esfuerzo máximo admisible para probetas de *Guadua angustifolia* Kunth sin nodo y con nodo es de 3.82 MPa y 20.73 MPa respectivamente y superior a lo establecido en la Norma Técnica Peruana E.100 para esfuerzo máximo admisible de 1.3 MPa. No obstante, nosotros hemos desarrollado de manera correcta y minuciosa tanto los ensayos en laboratorio como el trabajo de gabinete, por lo que establecemos que para el Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) del bosque “El Huerto” los valores para el esfuerzo admisible al límite de exclusión del 5% es de 0.994 MPa y 16.99 MPa, el esfuerzo admisible promedio es de 3.82 MPa y 20.73 MPa respectivamente.

La figura 35, indica el comportamiento mecánico promedio, mostrando el punto correspondiente al límite proporcional de las probetas de *Guadua angustifolia* Kunth sin nodo y con nodo ante esfuerzos de compresión perpendicular a la fibra. También nos indica que para un mismo esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra (dentro de los rangos elásticos) la deformación unitaria de las probetas de *Guadua angustifolia* Kunth con nodo es mayor a la deformación unitaria de las probetas de *Guadua angustifolia* Kunth sin nodo; así mismo se observa claramente que la respuesta mecánica a la compresión perpendicular a la fibra de las probetas de *Guadua angustifolia* Kunth con nodo es mayor a la respuesta mecánica a la compresión perpendicular a la fibra de las probetas de *Guadua angustifolia* Kunth sin nodo.

Flexión Estática

En la sección 1.4.5 (Resistencia a la Flexión Estática) del Manual de Diseño Para Maderas del Grupo Andino establece que en ensayos de probetas pequeñas libres de defectos los valores promedios de la resistencia a la flexión varían entre 20 y 170 MPa, dependiendo de la densidad de la especie y el contenido de humedad (PADT REFORT, 1984). Esto es relativo a los ensayos de Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), en los resultados obtenidos en nuestra investigación la resistencia a flexión es de **9.34 MPa**, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 82: Relaciones esfuerzos Flexión Estática (probetas de *Guadua angustifolia* Kunth).

Valor del Esfuerzo (MPa)		Deformación Unitaria		% del Límite Prop. con Respecto al Límite de Rotura	
Límite Prop.	Máximo	Límite Prop.	Máximo	En Esfuerzo	En Deformación
8.83947	18.68072	0.00081	0.00272	47.32	29.62

Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo admisible al límite de exclusión del 5% relativo a Flexión Estática para probetas de *Guadua angustifolia* Kunth, encontrada por nuestra investigación es de 5.05 MPa, el módulo de elasticidad al límite de exclusión del 5% relativo a Flexión Estática para probetas de *Guadua angustifolia* Kunth encontrada por nuestra investigación es de 8112.84 MPa; estos valores se encuentran por encima de los valores establecidos la tabla 8.4.1 (Esfuerzos Admisibles) de la Norma Técnica Peruana E. 100, la cual establece valores relativos a Flexión Estática de: 5 MPa, para el esfuerzo máximo admisible,

La figura 37, indica el comportamiento mecánico promedio, mostrando el punto correspondiente al límite proporcional y el punto correspondiente al esfuerzo de rotura de las probetas de *Guadua angustifolia* Kunth ante esfuerzos flexocompresionantes.

Tracción Paralela a la fibra

En la tabla 8.4.1 (Esfuerzos Admisibles) de la Norma Técnica Peruana E - 100 establece el esfuerzo admisible a la tracción paralela de 16 MPa. En nuestra investigación la resistencia a la tracción paralela a la fibra obtenida para probetas de *Guadua angustifolia* Kunth encontrada por nuestra investigación, el esfuerzo de rotura relativo a tracción paralela a la fibra obtenida es de 16.7 MPa, en comparación a lo establecido por la Norma Técnica Peruana E. 100, es mayor.

El esfuerzo admisible al límite de exclusión del 5% relativo a tracción paralela a la fibra para probetas de *Guadua angustifolia* Kunth encontrada es de 5.93 MPa, y el esfuerzo admisible promedio relativo a tracción paralela a la fibra encontrada para probetas de *Guadua angustifolia* Kunth es de 16.70 MPa. Atendiendo a las tablas 7.1, 9.2 y 13.2 (Esfuerzos Admisibles, Esfuerzos Máximos Admisibles, Esfuerzo Admisible y Modulo de Elasticidad) del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, estos valores son superiores a lo establecido para maderas del grupo estructural A, B y C, el cual establece un valor de 145

Kg/Cm², 105 Kg/Cm² y 75 Kg/Cm² respectivamente para el esfuerzo máximo admisible de tracción paralela a la fibra.

No obstante, nosotros hemos desarrollado de manera correcta y minuciosa tanto los ensayos en laboratorio como el trabajo de gabinete, por lo que establecemos que para el Bambú *Guadua angustifolia Kunth* del bosque “El Huerto” los valores para el esfuerzo admisible al límite de exclusión del 5% es de 5.93 MPa, el esfuerzo admisible promedio es de 16.70 MPa respectivamente.

Corte o Cizallamiento

En la sección 8.4.1 (Esfuerzos Admisibles) de la Norma Técnica Peruana E. 100 establece que el esfuerzo admisible en probetas sometidas a corte paralelo a las fibras es de 1 MPa en promedio. En nuestra investigación se obtuvo valores para esfuerzo admisible del corte paralelo a la fibra para probetas de *Guadua angustifolia Kunth* de 1.076 MPa respectivamente, con referencia a lo anterior, este valor se encuentra por encima de lo establecido por la Norma Técnica Peruana E. 100.

El esfuerzo admisible al límite de exclusión del 5% relativo a Corte Paralelo a las Fibras para probetas de *Guadua angustifolia Kunth* obtenida en nuestra investigación es de 0.552 Mpa, el esfuerzo de rotura obtenida es de 3.55 MPa. El esfuerzo admisible es menor en comparación con los valores establecido en las tablas 7.1, 8.4, y 13.2 (Esfuerzos Admisibles, Esfuerzo Admisible y Modulo de Elasticidad) del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino para maderas del grupo estructural A y B, las cuales establecen un valor de 1.5 MPa y 1.2 MPa respectivamente para el esfuerzo máximo admisible relativo a corte paralelo a las fibras.

No obstante, nosotros hemos desarrollado de manera correcta y minuciosa tanto los ensayos en laboratorio como el trabajo de gabinete, por lo que establecemos que para el Bambú *Guadua angustifolia Kunth* del bosque “El Huerto” los valores para el esfuerzo admisible al límite de exclusión del 5% es de 0.552 MPa, el esfuerzo admisible promedio es de 1.076 MPa.

V. CONCLUSIONES

- Luego de someter al bambú a los distintos ensayos físico y mecánicos se ha cumplido con los resultados esperados y por consiguiente con el Objetivo General planteado “Evaluar la viabilidad del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) como material alternativo mediante ensayos para las diferentes aplicaciones en estructuras y proceso constructivo”, por lo que se aprueba su uso como material alternativo de construcción, como una solución viable para hacer frente al actual problema de déficit habitacional que enfrenta el país.
- Las características estructurales que el diseño requiere en acción conjunta para la *Guadua angustifolia* Kunth son: **propiedades físicas:** Contenido de Humedad 104.329 %, Densidad básica 0.551 g/cm³; **propiedades mecánicas:** módulo de elasticidad 11686.60 MPa, compresión paralela a la fibra con nodo 18.41 MPa y compresión paralela a la fibra sin nodo 14.70 MPa, compresión perpendicular a la fibra con nodo 20.73 MPa y compresión perpendicular a la fibra sin nodo 3.82 MPa, flexión estática 9.34 MPa, tracción paralela a la fibra 16.70 MPa y corte paralelo 1.08 MPa. Las características estructurales para el diseño en acción individual para la *Guadua angustifolia* Kunth son: compresión paralela a la fibra con nodo 13.36 MPa y compresión paralela a la fibra sin nodo 11.79 MPa, compresión perpendicular a la fibra con nodo 16.99 MPa y compresión perpendicular a la fibra sin nodo 0.99 MPa, flexión estática 5.05 MPa, tracción paralela a la fibra 5.93 MPa y corte paralelo 0.55 MPa. Lo que convierte al Bambú en un excelente material de construcción.
- La respuesta mecánica ante esfuerzos externos que fueron sometidas las probetas fueron mayores a los indicados por la norma E. 100. Datos que nos dan la certeza su aplicación como elemento estructural responde adecuadamente a las sollicitaciones tanto externas como internas.
- Debido a que el Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) es un material flexible y resistente que permite dar soluciones realistas ante la problemática que se está viviendo, el diseño de viviendas con Bambú tiene mayor versatilidad, es compatible con cualquier terminación, tiene un excelente aislante térmico y acústico y brinda mayor rapidez en la ejecución del trabajo.

VI. RECOMENDACIONES

- Como material alternativo en la construcción de viviendas se recomienda el uso del Bambú (*Guadua angustifolia Kunth*); ya que la ligereza que presenta, su alta elasticidad y su resistencia lo hace el material ideal para la construcción de viviendas y edificaciones de similar características, por consiguiente fomentar el cultivo de esta especie es de vital importancia debido a que soporta cambios climáticos extremos y su crecimiento acelerado se llega a producir miles de metros cúbicos en comparación con la madera, por lo que llegaría a cubrir una alta demanda con un manejo adecuado de su cultivo.
- Es necesario recomendar que se haga viable el uso de instituciones de nivel superior, tales como la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y sus organismos internos, como son los Centros de Investigación y Tecnológicos para desarrollar programas que tengan fines de cultivo, propagación, difusión y estudio, siendo en este último punto enfatizar el estudio de las propiedades físicas y mecánicas para su mejor aprovechamiento en la industria de la construcción, de esa manera sobrellevar los problemas técnicos, económicos y/o sociales que satisfagan a las construcciones a realizar, con ello lograr la aceptación del Bambú para ser considerado como un material alternativo a la madera, al acero y al concreto.
- El presente trabajo de investigación es solamente el inicio de un estudio que esperamos sea el medio básico o introductorio para el desarrollo de nuevas investigaciones por lo que debe ampliarse, por lo tanto se recomienda continuar con investigaciones relativas a las propiedades físico-mecánicas de esta especie poco conocida en nuestra región, ya que posee múltiples funciones, sobre todo en construcción civil.
- Para facilitar el proceso constructivo de una vivienda se recomienda seleccionar las cañas de bambú con diámetros similares de manera que no se genere complicaciones y se pueda lograr un ensamblado perfecto en las uniones, esto se realiza con la finalidad de impedir fisuras en las cañas o posibles separaciones originadas por fuerzas externas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bazán, F. (2010). *Alteración de las propiedades físico-mecánicas de la madera tipo pinus radiata, luego de ser sometida a tratamiento de preservación* (tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Escalona, J., Hernández, J. & Requena, C. (2017). *Método de empleo del bambú como material alternativo para la construcción de viviendas de interés social en el municipio Campo Elías sector Santa Eduvigis* (tesis de pregrado). Instituto universitario politécnico Santiago Mariño, Mérida, Venezuela.
- Ref.https://issuu.com/cristalmichellerequenaRodriguez/docs/tesis_del_bambu....doc
x Acceso: 10/08/17
- INEI (2017). Encuesta nacional de programas nacionales 2011 - 2017.
- Norma ecuatoriana de la construcción NEC – SE – Guadua. Estructuras de Guadua (GaK)
- Norma Técnica Colombiana NTC 5525. Métodos de ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de *Guadua angustifolia* Kunth.
- Norma Técnica Peruana E.100 *Diseño Y Construcción Con Bambú*.
- NTP N° 251.008 (Norma Técnica Peruana – Madera: Selección y Colección de Muestras).
- PADT REFORT:, JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA. (1984). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. Colombia: Carvajal S.A, 4ta edición.
- Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR – 10. Título G – Estructuras de Maderas y Estructuras de Guadua.
- Rodríguez, J. (2006) Conciencia Tecnológica *El Bambú como Material de Construcción* (31), pp. 67-69.
- Takahashi, J. (2013). Promoción de la rehabilitación, manejo y uso sostenible de los bosques tropicales de bambú en l región noroccidental del Perú, PERUBAMBÚ.
- Villada, L. (2015) *La guadua una alternativa para la construcción de viviendas de interés social* (Tesis de Bachillerato). Boyacá, Colombia.
- Ref.<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/3427/1/7254144.pdf> Acceso: 14/09/18

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Resumen de propiedades Físicas.

PROPIEDADES FÍSICAS / <i>Guadua angustifolia</i> Kunth		
PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de Humedad	104.329	%
DENSIDAD		
Densidad Básica	0.551	g/cm ³
Densidad Anhidra	0.867	g/cm ³
CONTRACCIÓN		
Contracción Volumétrica	36.216	%

Anexo 2: Resumen de propiedades Mecánicas.

PROPIEDADES MECÁNICAS / <i>Guadua angustifolia</i> Kunth		
PROPIEDAD	Valores en Mpa	
	CON NODO	SIN NODO
COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS		
Módulo de Elasticidad Promedio (MOE).	34159.033	29924.250
MOE al Límite de Exclusión del 5%.	18466.217	16979.163
Esfuerzo Admisible Promedio.	18.408	14.701
Esfuerzo Admisible al Límite de Exclusión del 5%.	13.357	11.793
Esfuerzo Promedio de Rotura.	33.135	26.461
Esfuerzo de Rotura al Límite Exclusión del 5%.	24.042	21.227
Esfuerzo Promedio en el Límite Proporcional.	27.033	21.653
Esfuerzo en el Límite Proporcional al Límite de Exclusión del 5%.	19.634	16.676
COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS		
Módulo de Elasticidad Promedio (MOE).	12007.388	4171.791
MOE al Límite de Exclusión del 5%.	9240.390	1786.122
Esfuerzo Admisible Promedio.	20.726	3.817
Esfuerzo Admisible al Límite de Exclusión del 5%.	16.993	0.994
Esfuerzo Promedio en el Límite Proporcional.	44.768	8.244
Esfuerzo en el Límite Proporcional al Límite de Exclusión del 5%.	36.705	2.147
FLEXIÓN ESTÁTICA		
Módulo de Elasticidad Promedio (MOE).	11686.602	
MOE al Límite de Exclusión del 5%.	8112.843	
Esfuerzo Admisible Promedio.	9.340	
Esfuerzo Admisible al Límite de Exclusión del 5%.	5.052	
Esfuerzo Promedio de Rotura.	18.681	
Esfuerzo de Rotura al Límite Exclusión del 5%.	10.105	
Esfuerzo Promedio en el Límite Proporcional.	8.839	
Esfuerzo en el Límite Proporcional al Límite de Exclusión del 5%.	4.471	
CORTE PARALELO A LAS FIBRAS		
Esfuerzo de Rotura Promedio.	3.552	
Esfuerzo de Rotura al Límite de Exclusión del 5%.	1.821	
Esfuerzo de Rotura Promedio Admisible	1.076	
Esfuerzo Adm. en el Límite Proporc. al Límite de Exclusión del 5%.	0.552	
TRACCIÓN PARALELA A LAS FIBRAS		
Esfuerzo de Rotura Promedio.	44.487	
Esfuerzo de Rotura al Límite de Exclusión del 5%.	15.808	
Esfuerzo de Rotura Promedio Admisible	16.699	
Esfuerzo Adm. en el Límite Proporc. al Límite de Exclusión del 5%.	5.934	

Anexo 3: Valores para diseño estructural del Bambú tipo *Guadua angustifolia* Kunth.

PROP.	ACCIÓN EN CONJUNTO DE		ACCIÓN INDIVIDUAL DE ELEMENTOS	
	CON NODO	SIN NODO	CON NODO	SIN NODO
MOE	11686.60		8112.84	
fc //	18.41	14.70	13.36	11.79
fc ⊥	20.73	3.82	16.99	0.99
fm	9.34		5.05	
ft	16.70		5.93	
fv	1.08		0.55	

Anexo 4: Estudio de Suelos realizado por el Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Laboratorio de Investigación en Suelos y Agua Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM).



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"
 LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

1. DATOS :

Solicitantes : JAMER PEREZ SANCHEZ
 ERICSON ENFRAIM QUINTANA JARAMILLO

Departamento : AMAZONAS
 Provincia : BAGUA
 Distrito : ARAMANGO

Anexo : EL MUYO
 Sector :
 Cod./Muestra :
 Fecha : 21/12/18

2. RESULTADO DEL ANALISIS SOLICITADO

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) mS/m	P	K	C	M.O	N	Análisis Mecánico		Clase textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases			
									Arena	Limo			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺			Al ⁺³ + H ⁺		
1085	EL MUYO	7.78	0.38	18.51	188.47	3.47	5.98	0.30	58.7	22.0	19.3	Fr.A.	14.42	13.15	0.73	0.41	0.13	0.00	14.42	14.42	100

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA
 LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS
 Tte. Edgar Sánchez Vela
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS

Anexo 5: Métodos Seguidos en el Análisis de Suelo del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Laboratorio de Investigación en Suelos y Agua Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM).

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELO

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión en el suelo: agua relación 1:1.
4. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. % M.O.=CX1.724, determinación del nitrógeno.
5. Fósforo disponible: método de Olsen modificado, extracción con NaHCO₃=0.5M, pH 8.5.
6. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃-COONH₄)N, pH 7.0
7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃-COONH₄)N; pH 7.0
8. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio(CH₃-COONH₄) N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de emisión atómica.
9. Al³⁺+H⁺: método de Yuan: extracción con KCl, N.

Equivalencias:

- 1 ppm= 1mg/kilogramo
- 1milimho (mmho/cm)=1 deciSiemens/metro
- 1 miliequivalente/100g=1cmol (+)/kg
- Sales solubles totales (TDS) en ppm o mg/kg=640xCEEes
- CE (1:1) mmho/cm² =CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad		Materia Orgánica		Fósforo disponible		Potasio disponible		Relaciones Cationicas	
clasificación del suelo	CE(es)	Clasificación	%	ppm P	ppm K	Clasificación	k/Mg	Ca/Mg	
*muy ligeramente salino	<2	*bajo	<2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2-0.3	5-9	
*ligeramente salino	2-4	*medio	2-4	7.0-14.0	100-240	*defc. Mg	>0.5		
*moderadamente salino	4-8	*alto	>4.0	>14.0	>240	*defc. K	>0.2		
*fuertemente salino	>8					*defc. Mg		>10	

Reacción o pH		CLASES TEXTURALES				Distribución de cationes %	
clasificación del suelo	pH	A	Fr	Ar	Ar	Ca ²⁺	Mg ²⁺
*fuertemente ácido	<5.5	= arena	Fr	Ar	Ar	=	60-75
*moderadamente ácido	5.6-6.0	= arena franca	Fr	Ar	Ar	=	15-20
*ligeramente ácido	6.1-6.5	= franco arenoso	Fr	Ar	Ar	=	3-7
*neutro	7.0	= franco limoso	Fr	L	Ar	=	<15
*ligeramente alcalino	7.1-7.8	= limoso	L		Ar		
*moderadamente alcalino	7.9-8.4						
*fuertemente alcalino	>8.5						

Anexo 6: Constancia de realización de ensayos experimentales Del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
Departamento de Industrias Forestales



CONSTANCIA

El Director del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina que suscribe, hace constar:

Que los señores **JAMER PÉREZ SÁNCHEZ** con DNI 70839162 y **ERICSON ENFRAIM QUINTANA JARAMILLO** con DNI 74455805; Bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, han realizado los ensayos experimentales conforme a su proyecto de tesis titulado "Evaluación de las características físico mecánicas del bambú(Guadua angustifolia Kunth) como material alternativo para el diseño de una vivienda para el Departamento de Amazonas 2017", en el Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, durante el período, desde el 10 de marzo al 10 de abril de 2018.

Se expide el presente documento a solicitud de los interesados para los fines académicos correspondientes

La Molina, 02 de enero del 2019

Ing. Milo Bozovich ~~Granado~~
Director
Dpto. Académico de Industrias Forestales



Anexo 7: Formato para Contenido de Humedad diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA.

DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES.
LAB. PROPIEDADES FISICA - MECANICAS DE LA MADERA.

DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD

NOMBRE COMUN:		N° DE XILOTECA:	
NOMBRE CIENTIFICO:		N° DE ARBOL:	
FAMILIA:		PROCEDENCIA:	
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 010		EJECUTOR:	
PROYECTO:		FECHA:	

MUESTRA N°											
	CONTROL N°	PESO (GRS.)	FECHA Y HORA	PESO (GRS.)	FECHA Y HORA	PESO (GRS.)	FECHA Y HORA	PESO (GRS.)	FECHA Y HORA	PESO (GRS.)	FECHA Y HORA
	01.										
	02.										
	03.										
	04.										
	05.										
	06.										
	07.										
	08.										
	09.										
	10.										
	11.										
	12.										
	13.										
	M (%)										

PROMEDIO : M (%) =

MUESTRA N°											
	CONTROL N°	PESO (GRS.)	FECHA Y HORA	PESO (GRS.)	FECHA Y HORA	PESO (GRS.)	FECHA Y HORA	PESO (GRS.)	FECHA Y HORA	PESO (GRS.)	FECHA Y HORA
	01.										
	02.										
	03.										
	04.										
	05.										
	06.										
	07.										
	08.										
	09.										
	10.										
	11.										
	12.										
	13.										
	M (%)										

PROMEDIO : M (%) =

Anexo 8: Formato para Densidad diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA.

DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES.
LAB. PROPIEDADES FISICA - MECANICAS DE LA MADERA.

DETERMINACION DE DENSIDAD

NOMBRE COMUN:		N° DE XILOTECA:	
NOMBRE CIENTIFICO:		N° DE ARBOL:	
FAMILIA:		PROCEDENCIA:	
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 011		EJECUTOR:	
PROYECTO:		FECHA:	

MUESTRA N°											
	CONTROL N°	PESO (GRS.)	VOLUMEN (CM3.)	PESO (GRS.)	VOLUMEN (CM3.)	PESO (GRS.)	VOLUMEN (CM3.)	PESO (GRS.)	VOLUMEN (CM3.)	PESO (GRS.)	VOLUMEN (CM3.)
	SATURADO.										
	SECO AL HORNO										
	01.										
	02.										
	03.										
	04.										
	05.										
	06.										
	07.										
	08.										
	09.										
	DENSIDAD (G./CM3.)										
	ANHIDRA (Do)										
	BASICA (Db)										

MUESTRA N°											
	CONTROL N°	PESO (GRS.)	VOLUMEN (CM3.)	PESO (GRS.)	VOLUMEN (CM3.)	PESO (GRS.)	VOLUMEN (CM3.)	PESO (GRS.)	VOLUMEN (CM3.)	PESO (GRS.)	VOLUMEN (CM3.)
	SATURADO.										
	SECO AL HORNO										
	01.										
	02.										
	03.										
	04.										
	05.										
	06.										
	07.										
	08.										
	09.										
	DENSIDAD (G./CM3.)										
	ANHIDRA (Do)										
	BASICA (Db)										

Anexo 9: Formato para Contracción diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM, adaptado para Bambú.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.				DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA			
CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA							
NOMBRE COMÚN:				N° DE XILOTECA:			
NOMBRE CIENTÍFICO				N° DE ÁRBOL:			
FAMILIA:				PROCEDENCIA:			
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 012				PROYECTO:			
				EJECUTOR:			
				FECHA:			

DATOS CONTROL N°										
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)
SATURADO										
SECO AL AIRE / HORNO										
INICIAL										
FINAL										
CONTR. (%)										

DATOS CONTROL N°										
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)
SATURADO										
SECO AL AIRE / HORNO										
INICIAL										
FINAL										
CONTR. (%)										

DATOS CONTROL N°										
	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)	PESO (g)	VOLUMEN (m3)
SATURADO										
SECO AL AIRE / HORNO										
INICIAL										
FINAL										
CONTR. (%)										

Anexo 10: Formato para Compresión Paralela a la Fibra diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM, adaptado para Bambú.

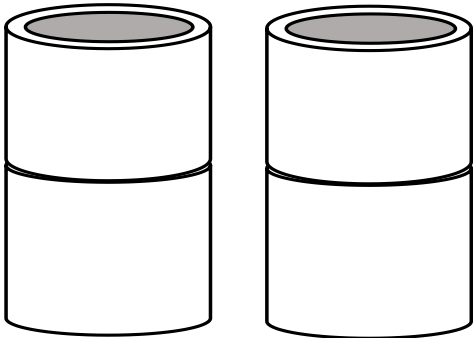
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.				DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA			
CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA							
NOMBRE COMÚN:				N° DE XILOTECA:			
NOMBRE CIENTÍFICO				N° DE ÁRBOL:			
FAMILIA:				PROCEDENCIA:			
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 012				PROYECTO:			
				EJECUTOR:			
				FECHA:			

DATOS CONTROL N°	PESO		VOLUMEN		PESO		VOLUMEN		PESO		VOLUMEN	
	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)
SATURADO												
SECO AL AIRE / HORNO												
INICIAL												
FINAL												
CONTR. (%)												

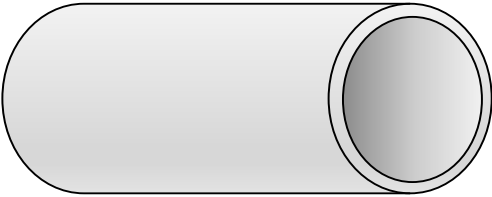
DATOS CONTROL N°	PESO		VOLUMEN		PESO		VOLUMEN		PESO		VOLUMEN	
	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)
SATURADO												
SECO AL AIRE / HORNO												
INICIAL												
FINAL												
CONTR. (%)												

DATOS CONTROL N°	PESO		VOLUMEN		PESO		VOLUMEN		PESO		VOLUMEN	
	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)	(g)	(m3)
SATURADO												
SECO AL AIRE / HORNO												
INICIAL												
FINAL												
CONTR. (%)												

Anexo 11: Formato para Compresión Paralela a la Fibra diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM, adaptado para Bambú.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA		DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA- MECÁNICAS DE LA MADERA					
ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS CON NODO							
NOMBRE COMUN:		N° DE XILOTECA: N° DE PLANTA:					
NOMBRE CIENTIFICO:		MUESTRAN°:					
FAMILIA:		PROCEDENCIA:					
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO.		CONDICION.		CARGA (lb)	DEFORMACIÓN N (pulg)	CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)
LUZ:	CMS.	SECA AL AIRE.	<input type="checkbox"/>	1.-		41.-	
P:	LBS.	SATURADA	<input type="checkbox"/>	2.-		42.-	
P':	LBS.			3.-		43.-	
Y:	CMS.	DURAMEN:	%.	4.-		44.-	
DIÁMETRO (A):	CMS.	DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD.		5.-		45.-	
ESPESOR (B):	CMS.	PESO INICIAL:		6.-		46.-	
		PESO SECO AL HORNO:		7.-		47.-	
		VOLUMEN:		8.-		48.-	
		CONT. HUMEDAD:		9.-		49.-	
				10.-		50.-	
				11.-		51.-	
				12.-		52.-	
				13.-		53.-	
				14.-		54.-	
				15.-		55.-	
				16.-		56.-	
				17.-		57.-	
				18.-		58.-	
				19.-		59.-	
OBSERVACIONES:				20.-		60.-	
				21.-		61.-	
				22.-		62.-	
				23.-		63.-	
				24.-		64.-	
				25.-		65.-	
				26.-		66.-	
				27.-		67.-	
				28.-		68.-	
				29.-		69.-	
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA N° 5525				30.-		70.-	
NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 014				31.-		71.-	
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (MPa)				32.-		72.-	
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LIMITE PROPORCIONAL:				33.-		73.-	
MAXIMA RESISTENCIA A LA COMPRESION:				34.-		74.-	
MODULO DE ELASTICIDAD:				35.-		75.-	
INFORMACION GENERAL:				36.-		76.-	
PROYECTO:				37.-		77.-	
EJECUTOR:				38.-		78.-	
FECHA:				39.-		79.-	
				40.-		80.-	

Anexo 12: Formato para Compresión Perpendicular a la Fibra diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM, adaptado para Bambú.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA		DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA			
<u>ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS SIN NODO</u>					
NOMBRE COMÚN: _____		N° DE XILOTECA: _____ N° DE ÁRBOL: _____			
NOMBRE CIENTIFICO: _____		MUESTRAN°: _____			
FAMILIA: _____		PROCEDENCIA: _____			
DATOS PARA EL CENTRO DE CÓMPUTO	CONDICIÓN	CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)	CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)
P': _____	SECA AL AIRE. <input type="checkbox"/>	1.-		41.-	
	SATURADA <input type="checkbox"/>	2.-		42.-	
DIÁMETRO: _____	DURAMEN: _____ %	3.-		43.-	
		4.-		44.-	
ESPESOR: _____	DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD.	5.-		45.-	
		6.-		46.-	
	PESO INICIAL: _____	7.-		47.-	
	PESO SECO AL HORNO: _____	8.-		48.-	
	CONT. DE HUMEDAD: _____	9.-		49.-	
		10.-		50.-	
		11.-		51.-	
		12.-		52.-	
		13.-		53.-	
		14.-		54.-	
		15.-		55.-	
		16.-		56.-	
		17.-		57.-	
		18.-		58.-	
		19.-		59.-	
OBSERVACIONES: _____		20.-		60.-	
		21.-		61.-	
		22.-		62.-	
		23.-		63.-	
		24.-		64.-	
		25.-		65.-	
		26.-		66.-	
		27.-		67.-	
		28.-		68.-	
		29.-		69.-	
NORMA TECNICA COLOMBIANA N° 5525 NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 016		30.-		70.-	
		31.-		71.-	
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (MPa)		32.-		72.-	
		33.-		73.-	
		34.-		74.-	
		35.-		75.-	
		36.-		76.-	
INFORMACION GENERAL		37.-		77.-	
		38.-		78.-	
		39.-		79.-	
		40.-		80.-	
PROYECTO: _____					
EJECUTOR: _____					
FECHA: _____					

Anexo 13: Formato para Compresión Perpendicular a la Fibra diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM, adaptado para Bambú.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS DE LA MADERA

ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS CON NODO

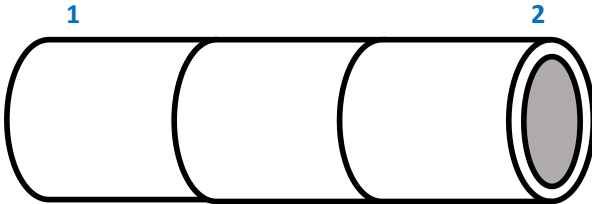
NOMBRE COMÚN: _____		N° DE XILOTECA: _____		N° DE ÁRBOL: _____	
NOMBRE CIENTIFICO: _____		MUESTRAN°: _____			
FAMILIA: _____		PROCEDENCIA: _____			
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO		CONDICIÓN		CARGA (lb)	DEFORMACIÓN (pulg)
SECA AL AIRE. <input type="checkbox"/>		SATURADA <input type="checkbox"/>		1.- _____	41.- _____
P': _____		DURAMEN : _____ %		2.- _____	42.- _____
DIÁMETRO : _____		<u>DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD.</u>		3.- _____	43.- _____
ESPESOR: _____		PESO INICIAL: _____		4.- _____	44.- _____
		PESO SECO AL HORNO: _____		5.- _____	45.- _____
		CONT. DE HUMEDAD: _____		6.- _____	46.- _____
				7.- _____	47.- _____
				8.- _____	48.- _____
				9.- _____	49.- _____
				10.- _____	50.- _____
				11.- _____	51.- _____
				12.- _____	52.- _____
				13.- _____	53.- _____
				14.- _____	54.- _____
				15.- _____	55.- _____
				16.- _____	56.- _____
				17.- _____	57.- _____
				18.- _____	58.- _____
				19.- _____	59.- _____
				20.- _____	60.- _____
				21.- _____	61.- _____
				22.- _____	62.- _____
				23.- _____	63.- _____
				24.- _____	64.- _____
				25.- _____	65.- _____
				26.- _____	66.- _____
				27.- _____	67.- _____
				28.- _____	68.- _____
				29.- _____	69.- _____
				30.- _____	70.- _____
				31.- _____	71.- _____
				32.- _____	72.- _____
				33.- _____	73.- _____
				34.- _____	74.- _____
				35.- _____	75.- _____
				36.- _____	76.- _____
				37.- _____	77.- _____
				38.- _____	78.- _____
				39.- _____	79.- _____
				40.- _____	80.- _____
OBSERVACIONES : _____					
NORMA TECNICA COLOMBIANA N° 5525					
NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 016					
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (MPa)					
ESF. DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORC.: _____					
MÁXIMA REESISTENCIA A LA COPRESIÓN: _____					
MÓDULO DE ELASTICIDAD: _____					
INFORMACION GENERAL					
PROYECTO: _____					
EJECUTOR: _____					
FECHA: _____					

Anexo 14: Formato para Flexión Estática diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM, adaptado para Bambú.

UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA LA MOLINA

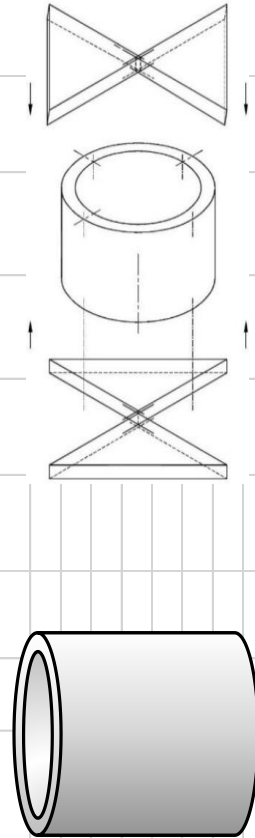
DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES LAB. PROPIEDADES FÍSICA-
MECÁNICAS DE LA MADERA

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA

NOMBRE COMUN: _____ NOMBRE CIENTIFICO: _____ FAMILIA: _____		N° DE XILOTECA: _____ N° DE ÁRBOL: _____ MUESTRA N°: _____ PROCEDENCIA: _____			
DATOS PARA EL CENTRO DE CÓMPUTO. LUZ: _____ cm P: _____ lb P': _____ lb Y: _____ mm DIAMETRO 1: _____ mm DIAMETRO 2: _____ mm ESPESOR 1: _____ mm ESPESOR 2: _____ mm		CONDICIÓN SECA AL AIRE. <input type="checkbox"/> SATURADA <input type="checkbox"/> DURAMEN : _____ % DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD. PESO INICIAL: _____ PESO SECO AL HORNO: _____ VOLUMEN: _____ CONT. HUMEDAD: _____			
 <p>OBSERVACIONES : _____</p>		CARGA (lb)	DEFORMA CIÓN (pulg)	CARGA (lb)	DEFORMA CIÓN (pulg)
		1.-		41.-	
		2.-		42.-	
		3.-		43.-	
		4.-		44.-	
		5.-		45.-	
		6.-		46.-	
		7.-		47.-	
		8.-		48.-	
		9.-		49.-	
		10.-		50.-	
		11.-		51.-	
		12.-		52.-	
		13.-		53.-	
		14.-		54.-	
		15.-		55.-	
		16.-		56.-	
		17.-		57.-	
		18.-		58.-	
		19.-		59.-	
		20.-		60.-	
		21.-		61.-	
		22.-		62.-	
		23.-		63.-	
		24.-		64.-	
		25.-		65.-	
		26.-		66.-	
		27.-		67.-	
		28.-		68.-	
		29.-		69.-	
		30.-		70.-	
		31.-		71.-	
		32.-		72.-	
		33.-		73.-	
		34.-		74.-	
		35.-		75.-	
		36.-		76.-	
		37.-		77.-	
		38.-		78.-	
		39.-		79.-	
40.-		80.-			
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA N° 5525 NORMA TECNICA PERUANA N° 251 - 017. RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (MPa) ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LIMITE PROPORCIONAL : _____ MAXIMA RESISTENCIA A LA COMPRESION : _____ MODULO DE ELASTICIDAD : _____					
INFORMACION GENERAL: PROYECTO: _____ EJECUTOR: _____ FECHA: _____					

Anexo 16: Formato para cizallamiento diseñado por el Laboratorio de Tecnología de la Madera, Departamento Académico de Industrias Forestales, UNALM, adaptado para Bambú.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA		DPTO. INDUSTRIAS FORESTALES. LAB. PROPIEDADES FÍSICA - MECANICAS DE LA MADERA.												
ENSAYOS DE CORTE O CIZALLAMIENTO PARALELO A LAS FIBRAS														
NOMBRE COMUN:		NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525												
NOMBRE CIENTÍFICO:		NORMA TÉCNICA PERUANA N° 251 - 013												
FAMILIA:		N° DE ÁRBOL:	PROYECTO:											
CONDICIÓN:		FECHA:	EJECUTOR:											
PROB. N°	DATOS DE CÓMPUTO				RESULTADO		DATOS DE CÓMPUTO				RESULTADO			
	Ø (mm)	ESPESOR (mm)	CARGA MAX. (P)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	C.H. (%)	RESIST. AL CORTE (MPa)	PROB. N°	ESPESOR (mm)	CARGA MAX. (P)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	C.H. (%)	RESIST. AL CORTE (MPa)
OBSERVACIONES:														



Anexo 17: Edades de *Guadua angustifolia* Kunth, (a) Guadua joven, (b) guadua madura, (c) guadua sobremadura.



(a)



(b)



(c)

Anexo 18: Programa para calculadora “Hp – 50G”.

TRASLACIÓN HORIZONTAL DE ECUACIONES LINEAL- CUADRÁTICA Y LINEAL- CÚBICA

«{-68. -69. -72. -73. -80. -81. -82. } SF @activar banderas

{-79. -40. -3. -105. } CF @desactiva banderas

{fCUB fCUAD fLIN} PURGE @borra todas las variables que voy a crear

{Vy1 Vx1 C B Xep F2 F1 f2x c2 b2 a2 f1x b1 a1 fCUB fCUAD fLIN Yep} PURGE

{Yep Xep F2 F1 f3x d3 c3 b3 a3 f1x b1 a1 fCUB fCUAD fLIN} PURGE

« "ECUACIÓN 1: LINEAL" {"a=" "coeficiente de X"} {"b=" "constante"}} 2. 0.} {
{20637.3017 -159.4559}

IF INFORM

THEN {a1 b1} STO

END

a1 X * b1 + 'f1x' STO

» 'fLIN' STO @subprograma para la función lineal

« "ECUACIÓN 2: CUADRÁTICA" {"a=" "coeficiente de X^2"} {"b=" "coeficiente
de X"} {"c=" "constante"}} {2. 0.} {
{-8028650.1377 664872.8926 -13081.5513}

IF INFORM

THEN {a2 b2 c2} STO

END

$a_2 X^2 + b_2 X + c_2 + 'f_2x'$ STO

» 'fCUAD' STO @ subprograma para la función cuadrática

« "ECUACIÓN 3: CÚBICA" {"a=" "coeficiente de X^3 "} {"b=" "coeficiente de X^2 "} {"c=" "coeficiente de X "} {"d=" "constante"} } {2. 0.} } {6313.1001 -2342.8402 313.5332 16.5775}

IF INFORM

THEN {a3 b3 c3 d3} STO

END $a_3 X^3 + b_3 X^2 + c_3 X + d_3 + 'f_3x'$ STO

» 'fCUB' STO @subprograma para la función cubica

« CLLCD

"QUE FUNCIONES TIENE:

[F1] LINEAL+CUADRATICA

[F2] LINEAL+CUBICA" 1. DISP 0 WAIT \square zz

«

CASE zz 11.1 ==

THEN fLIN fCUAD @ejecuta los subprogramas antes creados para el caso que se está eligiendo

« $a_1 X + 'F1'$ STO @crea la función lineal desplazada

$'a_2 X^2 + (a_1 b_2 - 2 \cdot b_1 a_2) / a_1 X + (b_1^2 \cdot a_2 - a_1 b_1 b_2 + a_1^2 \cdot c_2) / a_1^2.'$ EVAL 'F2' STO @crea la función cuadrática desplazada

F2 F1 - X ZEROS SORT 2 GET DUP 'X' STO 'Xep' STO F2 EVAL 'Yep' STO {X}

PURGE @calcula el punto de transición del rango elástico al plástico

$'(a_1 b_2 - 2 \cdot b_1 a_2) / a_1'$ EVAL 'B' STO $'(b_1^2 \cdot a_2 - a_1 b_1 b_2 + a_1^2 \cdot c_2) / a_1^2.'$

EVAL 'C' STO B NEG 2. a_2 * / 'Vx1' STO

$'(4 \cdot a_2 \cdot C - B^2) / (4 \cdot a_2)'$ EVAL 'Vy1' STO @ cálculo del vértice o punto de rotura

@PRESENTACION DE RESULTADOS

CLLCD "FUNCION LINEAL DESPLAZADA" 5. DISP 0. WAIT DROP

F1 SCROLL @mostrar la función lineal desplazada en la pantalla

CLLCD "FUNCION CUADRÁTICA DESPLAZADA" 5. DISP 0. WAIT DROP F2 SCROLL @muestra función cuadrática desplazada en la pantalla.

CLLCD "PUNTO DE TRANSICION EN EL TRAMO ELASTICO Y PLASTICO" 1. DISP

"x = " Xep + 5. DISP

"y = " Yep + 7. DISP 0. WAIT DROP @ muestra el punto de transición del rango elast-plast.

CLLCD "PUNTO DE ROTURA O COLAPSO DE LA PROBETA" 1. DISP

"x = " Vx1 + 5. DISP

"y = " Vy1 + 7. DISP 0. WAIT DROP

{Vy1 Vx1 C B Xep F2 F1 f2x c2 b2 a2 f1x b1 a1 fCUB fCUAD fLIN Yep} PURGE

» EVAL

END @ejecuta la función lineal y cuadrática

zz 12.1 ==

THEN fLIN fCUB

« a1 X * 'F1' STO @CREA LA FUNCION LINEAL DESPLAZADA

'a3*X^3.+(b3-3.*a3*b1/a1)*X^2.+(3.*b1^2.*a3/a1^2.-
2.*b3*b1/a1+c3)*X+(b3*b1^2./a1^2.-b1^3.*a3/a1^3.-c3*b1/a1+d3)' EVAL

'F2' STO @crea la función cubica desplazada

F2 F1 - X ZEROS 1. GET DUP 'X' STO 'Xep' STO F2 EVAL 'Yep' STO {X}

PURGE @punto de transición del rango elástico al rango plástico

@PRESENTACION DE RESULTADOS

CLLCD "FUNCION LINEAL DESPLAZADA" 5. DISP 0. WAIT DROP F1 SCROLL @muestro la función lineal desplazada

CLLCD "FUNCIÓN CÚBICA DESPLAZADA" 5. DISP 0. WAIT DROP F2 SCROLL @muestra la función cubica desplazada

CLLCD "PUNTO DE TRANSICIÓN EN EL TRAMO ELÁSTICO Y PLÁSTICO" 1. DISP

"x = " Xep + 5. DISP

"y = " Yep + 7. DISP 0. WAIT DROP @muestro el punto de transición del rango elast-plast.

{Yep Xep F2 F1 f3x d3 c3 b3 a3 f1x b1 a1 fCUB fCUAD fLIN} PURGE

» EVAL

END

END

»

» EVAL

»

Anexo 19: Panel fotográfico



Exploración del Bosque de Bambú del
C.P El Muyo



Bosque Parcela El Huerto



Rizoma de Bambú.



Caña de Bambú (madura).



Selección de caña de Bambú 1.



Selección de caña de Bambú 2.



Marcado de caña de Bambú para ensayos

1.



Marcado de caña de Bambú para ensayos 2.



Marca de Caña para Corte con Motosierra.



Corte de Caña de Bambú.



Posición Correcta de la Motosierra en el Corte de Cañas de Bambú.



Forma de Corte con el Cual se Evita la Propagación de Hongos.



Posición Vertical de la Caña Luego de ser Cortada.



Corte Adecuado de Caña de Bambú.



Corte de Trozas de Bambú.

Derrame y Corte de las Trozas de Bambú.



Toma de datos y Trazado de Troza 1.



Toma de datos y Trazado de Troza 2.



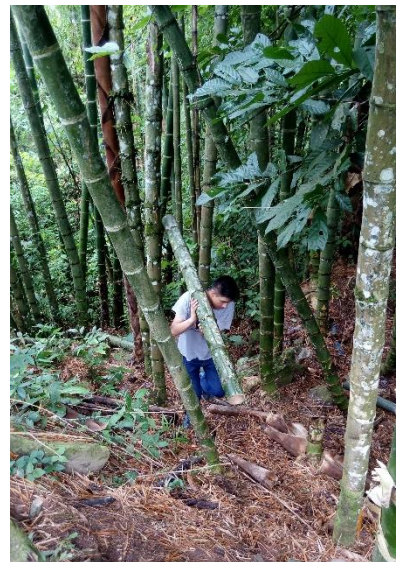
Corte de la Troza de $L=2.00\text{m}$ Bambú.



Toma de datos y trazado de la Troza.



Parte basal de la caña de bambú para ser descartada $l=30 - 40\text{ cm}$.



Troza de $L=2.00$ para su posterior acondicionamiento.



Daño ocasionado a la caña de bambú en el proceso de corte.



Daño ocasionado por máquina de cortar (motosierra).



Marcado de trozas para su posterior acondicionamiento.



Trozas debidamente marcadas para acondicionamiento en taller.



Corte de las trozas de bambú.



Acondicionamiento manual de trozas de bambú.



Acondicionamiento de trozas para su transporte 1.



Acondicionamiento de trozas para su transporte 2.



Acondicionamiento de probetas en Taller de carpintería.



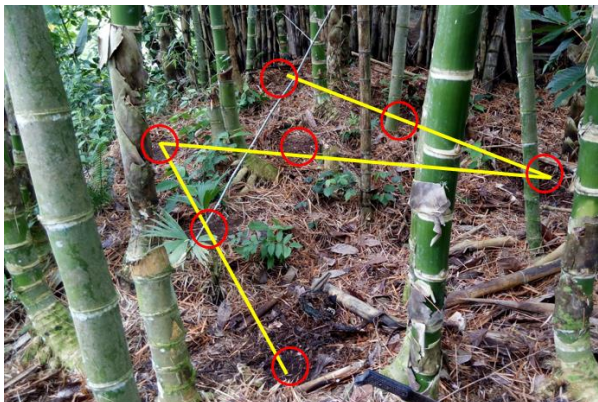
Probetas acondicionadas en sus dimensiones reales.



Embalado de probetas con cinta plástica para ser trasladadas al laboratorio 1.



Embalado de probetas con cinta plástica para ser trasladadas al laboratorio 2.



Trazado de suelo para la extracción de suelo.



Excavación de terreno para extraer muestras para el laboratorio de suelos.



Extracción de suelo para su posterior estudio.



Recolección de muestras de suelo.



Selección de la muestra una vez extraída.



Selección de la muestra de suelo mediante el método de cuarteo.



Maquina universal del Laboratorio de Tecnología de la madera de la Facultad de Ciencias Forestales UNALM.



Estufa Electrica



Sierra ingletadora deslizante.



Balanza Electrónica



Desecadores



Reloj Deflectometro (μm).



Reloj Deflectometro (Pulg).



Vernier



Pinzas



Guantes



Colocación de Deflectometro a la Prob.
Comp. Par. Fibra.



Ensayo Compresión Paralela a la Fibra Sin Nudo.



Ensayo Compresión Paralela a la Fibra Con Nudo.



Acomodo de la probeta Compresión Paralela a la Fibra.



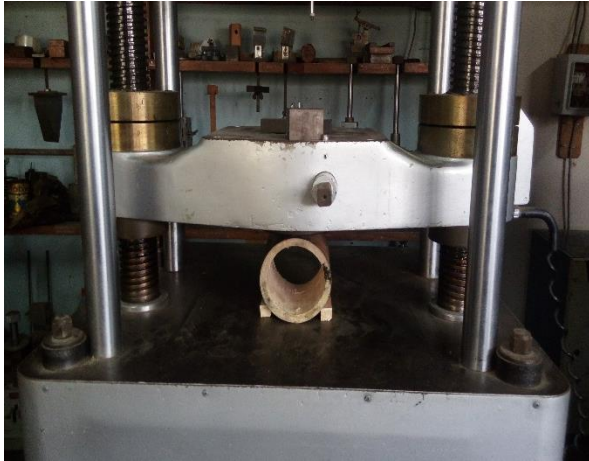
Toma de Datos Falla en Compresión Paralela a la Fibra.



Realizando el cambio de probeta luego de ser ensayada en Compresión Paralela a la Fibra.



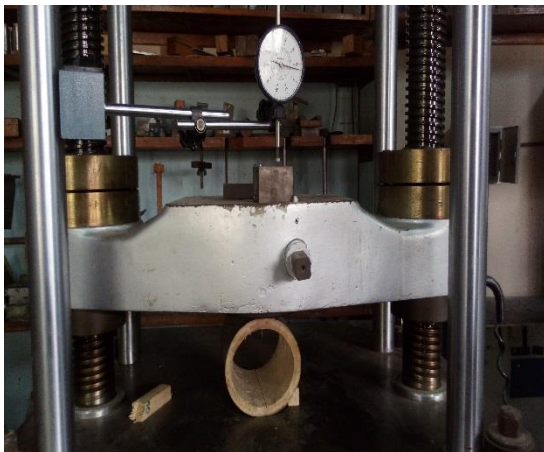
Falla Típica en la Cara Radial en Compresión Paralela a la Fibra.



Ensayo Compresión Perpendicular a la Fibra Sin Nudo.



Falla Compresión Perpendicular a la Fibra Con Nudo.



Falla Típica del Ensayo Comp. Perp. Fibra Sin Nudo.



Falla Típica en probetas del Ensayo Comp. Perp. Fibra Con Nudo.



Control en Ensayo Comp. Perp. Fibra



Equipando con accesorios para ensayo de flexión la Máquina Universal.



Acomodo de Probeta en Máquina Universal.



Ensayo Flexión Estática.



Falla Típica en probetas Flexión Estática.



Control de Deformación en Flexión Estática.



Control de Carga en Flexión Estática.



Probetas: tracción paralela a la fibra.



Acomodo de Probeta en Maquina Universal.



Previo al Ensayo Tracción Paralela.



Ensayo Tracción Paralela.



Falla en Tracción Paralela.



Probetas Después de ser ensayadas Tracción Paralela.



Accesorios Para Ensayos de Corte Paralelo.



Ubicando la Probeta en la Maquina Universal con Accesorio para el ensayo de Corte.



Acomodo de Probetas Corte Par. Fibra.



Previo al Ensayo Corte Par. Fibra.



Ensayo Corte Paralelo a la Fibra.



Falla en Ensayo Corte Paralelo a la Fibra.



Peso de Probetas Para Determinar el Volumen Para Ensayos Físicos



Determinación de Volumen en estado verde Para Probetas de Ensayos Físicos.



Proceso Secado de Probetas en Estufa



Extracción de Probetas en Estado Anhidro.



Proceso de Enfriamiento en Desecador De Probetas.



Determinación Volumen Seco Ensayos Físicos.



Proceso de Secado al Horno Para obtener Probetas en estado Anhidro.



Extracción de Muestras Para Ensayos Mecánicos de la Parte Cercana a la Falla.

Anexo 20: Plano en planta y detalles del diseño de una vivienda a base de Bambú en la especie *Guadua angustifolia* Kunth.