



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**“Determinación de propiedades mecánicas de tirillas de fibra de  
caña guadúa y su aplicabilidad en mallas para reforzamiento  
estructural”**

**AUTOR:**

**Valencia Guamán, Andrea Paola**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
Ingeniera Civil**

**TUTOR:**

**Ing. Yépez Roca, Luis Octavio, MSc**

**Guayaquil, Ecuador**

**11 de septiembre del 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Valencia Guamán, Andrea Paola**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Civil**.

### **TUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Yépez Roca, Luis Octavio, MSc**

### **DIRECTORA DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, MSc.**

**Guayaquil, a los 11 días del mes de septiembre del año 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Valencia Guamán, Andrea Paola**

### DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Determinación de propiedades mecánicas de tirillas de fibra de caña guadúa y su aplicabilidad en mallas para reforzamiento estructural**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 11 días del mes de septiembre del año 2019**

**LA AUTORA:**

f. \_\_\_\_\_

**Valencia Guamán, Andrea Paola**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## AUTORIZACIÓN

Yo, **Valencia Guamán, Andrea Paola**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Determinación de propiedades mecánicas de tirillas de fibra de caña guadúa y su aplicabilidad en mallas para reforzamiento estructural**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 11 días del mes de septiembre del año 2019**

**LA AUTORA:**

f. \_\_\_\_\_

**Valencia Guamán, Andrea Paola**

## REPORTE URKUND



### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TRABAJO ANDREA VALENCIA.docx (D55120468)  
**Submitted:** 8/30/2019 2:39:00 AM  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 3 %

#### Sources included in the report:

1447897180\_22.pdf (D16272127)  
20151202 Alfredo Erreyes-Tatiana Gómez.pdf (D16536074)  
URKUND TESIS PATRICIO.pdf (D17364292)  
[http://www.terraecuador.net/revista\\_56/56\\_bambu.html](http://www.terraecuador.net/revista_56/56_bambu.html)

#### Instances where selected sources appear:

12

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a mis padres quienes siempre se han preocupado por mi bienestar y por tener confianza en mí para mandarme a estudiar fuera de mi ciudad natal, recordándome valores y principios que nunca debería olvidar.

Agradezco a mi tutor Ing. Luis Yépez por haberme dado la oportunidad de trabajar en este tema de investigación.

Agradezco a mis compañeros Jonathan Franco, José Luis Caisapanta, por acompañarme a lo largo de esta etapa universitaria con su apoyo incondicional y su amistad.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mis padres por apoyarme incondicionalmente a lo largo de mi formación académica y recordándome siempre que la mejor herencia que me pueden dejar es el estudio.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Yépez Roca, Luis Octavio, MSc.**

TUTOR

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Valarezo de Pareja, Lilia, M.S.**

DECANA DE LA FACULTAD

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Martínez Rephany, Gilberto, MSc.**

DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, MSc.**

OPONENTE



## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| CAPÍTULO I.....  | 2  |
| 1.1 INTRODUCCIÓN.....  | 2  |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                      | 3  |
| 1.3 OBJETIVOS.....   | 3  |
| 1.3.1 Objetivo General.....  | 3  |
| 1.3.2 Objetivos específicos.....   | 3  |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN.....   | 4  |
| 1.5 ALCANCE.....   | 4  |
| 1.6 METODOLOGÍA.....   | 5  |
| 2 MARCO TEÓRICO.....   | 6  |
| 2.1 LA PLANTA Y SU ORIGEN.....   | 6  |
| 2.2 GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH.....                                       | 6  |
| 2.3 PARTES PRINCIPALES DE LA CAÑA GUADÚA.....                            | 7  |
| 2.4 MORFOLOGÍA DE LA CAÑA GUADÚA.....                                    | 7  |
| 2.5 DESARROLLO Y CULTIVO.....  | 8  |
| 2.5.1 EDAD DE CORTE.....   | 9  |
| 2.6 TRATAMIENTOS QUÍMICOS PARA LA PRESERVACIÓN DE LA<br>CAÑA GUADÚA..... | 10 |
| 2.7 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....   | 12 |
| 2.8 AMENAZAS DE LA CAÑA GUADÚA.....                                      | 12 |
| 2.8.1 PLAGAS.....  | 12 |
| 2.8.2 ENFERMEDADES DE LA CAÑA GUADÚA.....                                | 13 |
| 2.9 IMPACTO AMBIENTAL.....   | 13 |
| 2.10 PRODUCCIÓN EN EL ECUADOR.....                                       | 14 |
| 2.11 PERÍODO DE VIDA ÚTIL DE LA CAÑA GUADÚA.....                         | 16 |
| 2.12 PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DE LA CAÑA GUADÚA ..                  | 17 |
| 2.13 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CAÑA GUADÚA EN LA<br>CONSTRUCCIÓN..... | 18 |
| 2.13.1 VENTAJAS:.....  | 18 |
| 2.13.2 DESVENTAJAS:.....   | 19 |
| 3 DESARROLLO EXPERIMENTAL.....   | 20 |
| 3.1 ENSAYO DE TRACCIÓN.....  | 20 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 3.2 | ENSAYO DE TRACCIÓN A LA TIRILLA DE FIBRA DE CAÑA<br>GUADÚA CON Y SIN RESINA EPÓXICA .....   | 20 |
| 3.3 | ENSAYO DE ABSORCIÓN. ....   | 25 |
| 3.4 | MÓDULO ELÁSTICO Y CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN A LA<br>TIRILLA DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON GALGAS<br>EXTENSIOMÉTRICAS. ....   | 27 |
| 4   | ANÁLISIS DE RESULTADOS .....  | 33 |
| 4.1 | ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE<br>TIRILLAS DE FIBRAS DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO. ....  | 33 |
| 4.2 | ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DE<br>TIRILLAS DE FIBRAS DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO. ....  | 45 |
| 4.3 | ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DE<br>TIRILLAS DE FIBRAS DE CAÑA GUADÚA CON EPÓXICO EN SUS<br>EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL<br>MATERIAL. .... | 56 |
| 4.4 | ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN<br>DE TIRILLAS DE FIBRAS DE CAÑA GUADÚA. ....  | 65 |
| 4.5 | ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON GALGAS<br>EXTENSIOMÉTRICAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE<br>ELASTICIDAD DEL MATERIAL. ....  | 71 |
| 5   | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....   | 74 |
| 5.1 | CONCLUSIONES.....   | 74 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES .....   | 75 |
| 6   | Bibliografía .....  | 76 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| TABLA 1: RESISTENCIA DE LA CAÑA GUADÚA.....  | 18 |
| TABLA 2: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO Y CALCULÓ DEL ESFUERZO ÚLTIMO. ....  | 34 |
| TABLA 3: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA. ....  | 35 |
| TABLA 4: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO SIN NUDO Y CALCULÓ DEL ESFUERZO ÚLTIMO.....  | 36 |
| TABLA 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO PROMEDIO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO .....   | 36 |
| TABLA 6: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO SIN NUDO Y CALCULÓ DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,05 A 0,10 CM <sup>2</sup> . .... | 37 |
| TABLA 7: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,05 A 0,10 CM <sup>2</sup> . ....  | 38 |
| TABLA 8: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO SIN NUDO Y CALCULÓ DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> . .... | 38 |
| TABLA 9: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> . ....  | 38 |
| TABLA 10: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO SIN NUDO Y CALCULÓ DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,15 A 0,20 CM <sup>2</sup> ..... | 39 |
| TABLA 11: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,15 A 0,20 CM <sup>2</sup> .....  | 39 |
| TABLA 12: ESFUERZOS ÚLTIMOS DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO CON LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA .....  | 39 |

|  |    |
|--|----|
| TABLA 13: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO CON NUDO Y CALCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO.....   | 40 |
| TABLA 14: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO PROMEDIO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO EN ESTADO SECO.....   | 41 |
| TABLA 15: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO CON NUDO Y CALCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,05 A 0,10 CM <sup>2</sup> ..... | 42 |
| TABLA 16: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,05 A 0,10 CM <sup>2</sup> .....  | 42 |
| TABLA 17: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO CON NUDO Y CALCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> ..... | 42 |
| TABLA 18: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> .....  | 42 |
| TABLA 19: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO CON NUDO Y CALCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,15 A 0,20 CM <sup>2</sup> ..... | 43 |
| TABLA 20: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,15 A 0,20 CM <sup>2</sup> .....  | 43 |
| TABLA 21:ESFUERZOS ÚLTIMOS DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO EN ESTADO SECO CON LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA. ....   | 43 |
| TABLA 22: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO Y CALCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO.....  | 45 |
| TABLA 23: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA. ....   | 46 |
| TABLA 24: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO SIN NUDO Y CALCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO.....   | 47 |

|   |    |
|---|----|
| TABLA 25: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO PROMEDIO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO. ....   | 47 |
| TABLA 26: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO SIN NUDO Y CALCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,05 A 0,10 CM <sup>2</sup> . .... | 48 |
| TABLA 27: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO HÚMEDO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,05 A 0,10 CM <sup>2</sup> . ....  | 49 |
| TABLA 28: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO SIN NUDO Y CALCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> . .... | 49 |
| TABLA 29: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO HÚMEDO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> . ....  | 49 |
| TABLA 30: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO SIN NUDO Y CALCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,15 A 0,20 CM <sup>2</sup> . .... | 50 |
| TABLA 31: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO HÚMEDO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,15 A 0,20 CM <sup>2</sup> . ....  | 50 |
| TABLA 32: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO SIN NUDO Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,20 A 0,25 CM <sup>2</sup> . .... | 50 |
| TABLA 33: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO HÚMEDO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,20 A 0,25 CM <sup>2</sup> . ....  | 51 |
| TABLA 34: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO SIN NUDO Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,25 A 0,30 CM <sup>2</sup> . .... | 51 |
| TABLA 35: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO HÚMEDO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,25 A 0,30 CM <sup>2</sup> . ....  | 51 |

|   |    |
|---|----|
| TABLA 36: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO SIN NUDO Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,30 A 0,35 CM <sup>2</sup> .....  | 51 |
| TABLA 37: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO HÚMEDO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,30 A 0,35 CM <sup>2</sup> .....   | 52 |
| TABLA 38: ESFUERZOS ÚLTIMOS DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO EN ESTADO HÚMEDO CON LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA. ....   | 52 |
| TABLA 39: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO CON NUDO Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO.....  | 53 |
| TABLA 40: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO PROMEDIO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO EN ESTADO HÚMEDO.....  | 53 |
| TABLA 41: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO CON NUDO Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> .....  | 54 |
| TABLA 42: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO EN ESTADO HÚMEDO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> .....   | 54 |
| TABLA 43: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO CON NUDO Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,15 A 0,20 CM <sup>2</sup> .....  | 54 |
| TABLA 44: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO EN ESTADO HÚMEDO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,15 A 0,20 CM <sup>2</sup> .....   | 54 |
| TABLA 45: ESFUERZOS ÚLTIMOS DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO EN ESTADO HÚMEDO CON NUDO PARA LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA.  | 55 |
| TABLA 46: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO. .... | 56 |
| TABLA 47: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL.....   | 56 |

|   |    |
|---|----|
| TABLA 48: ESFUERZOS ÚLTIMOS DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL. ....   | 57 |
| TABLA 49: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO.....   | 58 |
| TABLA 50: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL. ....   | 58 |
| TABLA 51: ESFUERZOS ÚLTIMOS DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL. ....  | 58 |
| TABLA 52: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,05 A 0,10 CM <sup>2</sup> ..... | 59 |
| TABLA 53: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,05 A 0,10 CM <sup>2</sup> . ....                                       | 60 |
| TABLA 54: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> . ....                                       | 60 |
| TABLA 55: ESFUERZOS ÚLTIMOS DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL CON LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA. ....  | 60 |
| TABLA 56: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO ,EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO.....  | 61 |

|  |    |
|--|----|
| TABLA 57: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO, EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL. ....   | 62 |
| TABLA 58: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO, EPÓXICO EN SUS EXTREMOS Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> . ... | 63 |
| TABLA 59: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO, EPÓXICO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> . ....   | 63 |
| TABLA 60: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO, EPÓXICO EN SUS EXTREMOS Y CÁLCULO DEL ESFUERZO ÚLTIMO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,15 A 0,20 CM <sup>2</sup> . ... | 63 |
| TABLA 61: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO, EPÓXICO EN UN RANGO DE ÁREA DE 0,10 A 0,15 CM <sup>2</sup> . ....   | 63 |
| TABLA 62: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO, EPÓXICO CON SUS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA. ....   | 64 |
| TABLA 63: MUESTRAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA. ....   | 65 |
| TABLA 64: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA. ....   | 66 |
| TABLA 65: PORCENTAJES DE ABSORCIÓN DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON DIFERENTES RANGOS DE ÁREAS. ....  | 66 |
| TABLA 66: PORCENTAJES DE ABSORCIÓN MENORES AL 100% DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA. ....   | 68 |
| TABLA 67: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA MENORES DEL 100% ....  | 68 |
| TABLA 68: PORCENTAJES DE ABSORCIÓN MAYORES AL 200% DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA. ....   | 69 |
| TABLA 69: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA MAYORES AL 200% ....   | 70 |
| TABLA 70: CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE CAÑA GUADÚA SOMETIDA A TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA. ....  | 71 |



|  |    |
|--|----|
| TABLA 71: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE TIRILLAS DE<br>FIBRA DE CAÑA GUADÚA DE TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA. .... | 71 |
|--|----|

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1: PARTES DE LA CAÑA GUADÚA .....   | 7  |
| FIGURA 2: SELECCIÓN DE LA CAÑA AL CORTAR .....   | 15 |
| FIGURA 3: TOCÓN DE CAÑA GUADÚA RECIÉN CORTADO.....   | 15 |
| FIGURA 4: SISTEMA CREADO CON PLACAS DE ACERO Y PERNOS PARA AJUSTAR LA<br>FIBRA. ....   | 21 |
| FIGURA 5: COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE PLACAS EN EL PÓRTICO PARA LA<br>DETERMINACIÓN DE LA FUERZA ÚLTIMA DE LA FIBRA CON LA AYUDA DE LA<br>BALANZA.....         | 22 |
| FIGURA 6: RUPTURA DE LA TIRILLA DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA .....  | 22 |
| FIGURA 7: EPÓXICO PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL. ....  | 23 |
| FIGURA 8: APLICACIÓN DEL EPOXICO A LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA ....   | 23 |
| FIGURA 9: TIRILLA DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN SUS EXTREMOS CON EPÓXICO PARA<br>MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS .....  | 24 |
| FIGURA 10: VISTA DE LA TIRILLA COLOCADA EN LAS PLACAS DE ACERO CON UNA<br>SUPERFICIE LIBRE SIN EPÓXICO DE 20 CM. ....  | 25 |
| FIGURA 11: MUESTRA DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON LONGITUDES<br>DE 10CM, SUMERGIDAS EN AGUA A UNA TEMPERATURA AMBIENTE. ....                    | 26 |
| FIGURA 12: MEDICIÓN DEL PESO SATURADO DE LA TIRILLA DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA<br>CON LA AYUDA DE UNA BALANZA DE ALTA PRECISIÓN.....                            | 26 |
| FIGURA 13: COLOCACIÓN DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN EL HORNO A<br>UNA TEMPERATURA DE $\pm 105$ °C.....  | 27 |
| FIGURA 14: DEFINICIÓN DE STRAIN ( $\epsilon$ ).....  | 28 |
| FIGURA 15: PARTES DEL STRAIN GAGE.....   | 29 |
| FIGURA 16: GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS LOCALIZADAS EN EL CENTRO DE LAS<br>TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA. ....   | 30 |
| FIGURA 17: CABLES SOLDADOS A LA GALGA EXTENSIOMÉTRICA.....   | 31 |
| FIGURA 18: CABLES UBICADOS EN EL LECTOR PORTABLE DATA LOGGER, EL CUÁL<br>MEDIRÁ LA DEFORMACIÓN UNITARIA DEL MATERIAL CADA CIERTA APLICACIÓN DE<br>CARGA..... | 31 |
| FIGURA 19: MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS CABLES CON LA AYUDA DE UN<br>MULTÍMETRO.....  | 32 |

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 20: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO. ....   | 35 |
| FIGURA 21: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO .....  | 37 |
| FIGURA 22: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO SECO CON LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA. ....  | 40 |
| FIGURA 23: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO CON NUDO.....   | 41 |
| FIGURA 24: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO EN ESTADO SECO CON LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA. ....  | 44 |
| FIGURA 25: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO. ....   | 46 |
| FIGURA 26: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO HÚMEDO. ....  | 48 |
| FIGURA 27: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO HÚMEDO CON LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA. ....  | 52 |
| FIGURA 28: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO EN ESTADO HÚMEDO.....   | 53 |
| FIGURA 29: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN ESTADO HÚMEDO CON LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA. ....  | 55 |
| FIGURA 30: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL.....   | 57 |
| FIGURA 31: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL. ....                                 | 59 |
| FIGURA 32: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA SIN NUDO EN SUS EXTREMOS CON EPÓXICO PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL CON LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA. 61 |    |

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 33: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO, EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL. .... | 62 |
| FIGURA 34: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON NUDO, EPÓXICO EN SUS EXTREMOS CON SUS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA. ....                 | 64 |
| FIGURA 35: COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN.....  | 64 |
| FIGURA 36: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON LOS DIFERENTES RANGOS DE ÁREA.....  | 66 |
| FIGURA 37: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN VS ÁREA DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA. ....   | 67 |
| FIGURA 38: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA MENORES DEL 100% .....   | 69 |
| FIGURA 39: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO DE LAS TIRILLAS DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA MAYORES AL 200% .....  | 70 |
| FIGURA 40: CURVA DEL ESFUERZO DE TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA VS. LA DEFORMACIÓN UNITARIA DE LA FIBRA 1. ....  | 72 |
| FIGURA 41: CURVA DEL ESFUERZO DE TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA VS. LA DEFORMACIÓN UNITARIA DE LA FIBRA 2. ....  | 72 |
| FIGURA 42: CURVA DEL ESFUERZO DE TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA VS. LA DEFORMACIÓN UNITARIA DE LA FIBRA 3. ....  | 73 |

## RESUMEN

El colapso de mampostería es uno de los principales motivos que cobra vidas durante eventos sísmicos en el Ecuador, por este motivo se estudia la posibilidad de mitigar el número de pérdidas humanas debido a este suceso utilizando materiales eco amigables, de bajo costo y de fácil obtención.

El objetivo de esta investigación es determinar las propiedades mecánicas de tirillas de caña guadúa obtenidas de plantaciones de la comunidad de Pachinche, provincia de Manabí, por medio de ensayos de laboratorio para a partir del análisis de resultados establecer su funcionalidad en una posible malla como reforzamiento estructural en mampostería típica utilizada en la obra civil del Ecuador.

Los ensayos realizados en laboratorio fueron: tracción para conocer los esfuerzos últimos de la fibra, porcentaje de absorción de agua, deformación unitaria con la ayuda de galgas extensiométricas para determinar el módulo elástico de la misma. Para efectos de análisis se dividieron las tirillas en grupos según su forma, con nudo y sin nudo, y posteriormente de acuerdo a su área efectiva requerida para alcanzar esfuerzos máximos a tracción.

El estudio evidenció que las tirillas sin nudo y con menor área cumplen con las condiciones requeridas para alcanzar esfuerzos máximos a tracción, por lo que podrían presentar características óptimas para un correcto desempeño al utilizar este tipo de fibras en mampostería como refuerzo estructural. Llama la atención que al menos la mitad de las tirillas el porcentaje de absorción tienen valores menores del 100 % y la otra mitad valores mayores al 200%.

**Palabras claves:** EVENTOS SÍSMICOS; CAÑA GUADÚA; RESISTENCIA A LA TRACCIÓN; MAMPOSTERÍA; MÓDULO DE ELASTICIDAD; GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS.

## **ABSTRACT**

One of the main reasons that causes human casualties while seismic events occur in Ecuador is collapsing masonry, for this reason the possibility to decrease the number of victims by using eco-friendly, low cost and easy to obtain materials is being studied.

This investigation's objective is to determine the mechanical properties of bamboo fiber strips obtained from Pachinche's plantations, province of Manabí, by undergoing laboratory tests to establish their functionality in a mesh used as structural reinforcement on typical masonry used in civil work in Ecuador.

The laboratory tests were the following: tensile test to determine fiber strength, water absorption, and unit deformation with strain gauges to determine its elastic modulus. The strips were divided into groups according to their shape, with knot and without knot, and subsequently according to their effective area required to determine strength.

The study showed that the strips without knot and with less area met the required conditions to achieve maximum strength, meaning they might have optimal properties for good performance when using this type of fibers in masonry as structural reinforcement. It is important to notice that at least half of the strips showed a absorption values below 100% and the other half showed values greater than 200%.

**Keywords:** SISMIC EVENTS; BAMBU; TENSILE STRESS; MANSORY;  
ELASTIC MODULUS; STRAIN GAUGES.

# **CAPÍTULO I**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

El Ecuador es reconocido por ser un país sísmicamente activo debido a que se encuentra en el cinturón de fuego del pacífico.

El 16 de abril de 2016 tuvo lugar el último gran evento sísmico del país el cual cobró vidas humanas y causó innumerables daños materiales, por esta razón es de vital importancia buscar nuevas maneras de evitar las muertes. Entre las principales causas de muerte durante el sismo estuvo el colapso súbito de la mampostería, es decir las paredes de bloques, al no tener una suficiente resistencia al corte. El objetivo de este trabajo es ensayar a tensión tirillas de fibras de caña guadúa con la finalidad de poderlas aplicar en forma de mallas para paredes como reforzamiento estructural y de esta manera determinar sus propiedades mecánicas. Se utilizará la fibra en estado natural sin ningún tratamiento previo, debido a que se busca llegar a una solución económicamente viable para construcciones de bajos recursos, que precisamente son las que más presentan daños durante un sismo. Para la obtención de las fibras de caña guadúa, se cogieron muestras del interior de la corteza, y se tomaron en cuenta los tramos con nudo y sin nudo al momento de cortarlas.

Se trabajará con fibras de caña guadúa porque es un material relativamente económico y de fácil obtención y supone una alternativa viable para reducir daños en la parte de mampostería en un evento sísmico.

En el país por lo general se emplean técnicas simples para hacer paredes en las cuales se utilizan bloques de hormigón o de arcilla unidas y enlucidas con mortero tradicional sin ningún reforzamiento, por tal motivo cuando ocurre un sismo la mampostería tiende a comportarse de una manera frágil y presenta fisuras graves.

Por tal motivo, se desarrollará el trabajo experimental para determinar las propiedades mecánicas de las tirillas debido a la importancia que estas tienen en la posible aplicación en ingeniería, dentro de las propiedades mecánicas que se medirán tenemos principalmente las siguientes: esfuerzos últimos de la fibra por medio del ensayo de tracción. También se analizará el porcentaje retenido de agua de la tirilla por medio de ensayos de absorción. Adicionalmente, se realizarán cálculos del

módulo de elasticidad de la fibra, curva esfuerzo-deformación unitaria con la ayuda de galgas extensiométricas.

Las pruebas experimentales se realizarán en los laboratorios de la facultad de ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil los cuales cuentan con equipos especializados para dichas pruebas.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Este estudio se desarrolla debido a que Ecuador es un país sísmicamente activo, podemos mencionar el terremoto del 16 de abril que se dio en la provincia de Manabí, en el cual hubieron más de 1000 personas muertas, 130 desaparecidas y más de 25.000 quedaron sin hogar. Los sismos es una falla geológica propia de la naturaleza y no se pueden eliminar, pero se puede contrarrestar el efecto de estos sismos con la aplicación de las tirillas de fibra de caña guadúa y se eligió este material ya que es un recurso de origen vegetal, económico y de fácil obtención.

Los eventos sísmicos producen daños de acuerdo a la intensidad y magnitud que tengan. Se tiene como propósito, a través de esta investigación, ayudar con la aplicabilidad de mallas de tirillas de fibra de caña guadúa con el fin de que la mampostería (paredes) no colapse bruscamente y que la estructura siga en pie sin hacer daño a las personas.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar las propiedades mecánicas de las tirillas de caña guadúa obtenidas de las plantaciones de la comunidad de Pachinche, provincia de Manabí, mediante ensayos de laboratorio para establecer su funcionalidad en una especie de malla como reforzamiento estructural en mampostería típica utilizada en la obra civil del Ecuador.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar la propiedad mecánica a tracción de las tirillas de caña guadua en laboratorio para determinar los esfuerzos últimos de la fibra.



- Determinar el porcentaje de agua retenido en la fibra mediante el ensayo de absorción.
- Determinar el módulo de elasticidad y la curva esfuerzo-deformación unitaria de las tirillas de fibra de caña guadúa mediante ensayos de laboratorio.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto de investigación se justifica por la necesidad de implementar mallas de tirillas de fibras de caña guadúa como un nuevo método de refuerzo estructural ya que el acero es muy costoso, en algunas investigaciones realizadas se ha determinado que la guadúa es un tipo de acero vegetal que se encuentra a disposición en nuestro medio. Se analizará la fibra de caña guadúa, material que ha sido usado por muchos años en el campo de la construcción y es de accesible obtención en el país ya que es un producto de fácil reproducción y crecimiento, pero se necesita especificar algunas normativas para la utilización de estas fibras, por este motivo, se procederá con la determinación del estudio de las propiedades mecánicas que tienen como propósito definir algunas características como son: el esfuerzo a la que puede ser sometida la fibra a través de ensayo de tracción, módulo de elasticidad, deformación unitaria, % absorción de agua del material.

Con esta investigación se quiere llegar a concluir la factibilidad de la utilización de mallas de tirillas de fibra de caña guadúa como refuerzo estructural en paredes, ya que es económico y accesible en el país.

#### **1.5 ALCANCE**

En esta investigación se plantea dar a conocer los beneficios de las fibras de la caña guadúa en construcciones y el comportamiento del material a través de la determinación de las propiedades mecánicas de las fibras.

Se realizarán algunos tipos de ensayos en los laboratorios de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil para poder dar una conclusión de cómo se comporta el material mecánicamente y determinar si es adecuado para refuerzo estructural en paredes de mampostería.

## **1.6 METODOLOGÍA**

El presente trabajo de titulación previo a la obtención del título ingeniero/a civil está compuesto por dos partes una teórica donde se revisará la teoría de algunos autores sobre la descripción, usos, propiedades, enfermedades entre otros de la caña guadúa como material y otra parte experimental en la cual se harán ensayos en los laboratorios de la universidad, los valores que se obtendrán de estas pruebas servirán para determinar las propiedades mecánicas del material para su correcta utilización en la construcción especialmente porque se espera que sirva como reforzamiento estructural a largo plazo.

El trabajo esté compuesto por 4 capítulos nombradas a continuación:

1. Marco teórico
2. Desarrollo experimental
3. Análisis de resultados
4. Conclusiones y Recomendaciones

## **CAPÍTULO II**

### **2 MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 LA PLANTA Y SU ORIGEN**

La caña guadúa (nombre científico: guadúa angustifolia) es una planta herbácea, especie de la familia de las gramíneas, que crece principalmente en climas cálidos en las zonas tropicales y subtropicales. La especie más empleada en el Ecuador es la Bambusa Angustifolia. Además, es el vegetal que absorbe más dióxido de carbono que cualquier otro, las partes más importantes de la planta son sus rizomas que son las raíces y al mismo tiempo el órgano reproductor. (Cobo, 2013)

Según Benítez (2015) expone que el bambú es una planta que existe en muchas regiones del mundo en regiones principalmente subtropicales y es originaria del continente asiático por civilizaciones antiguas y fue utilizado en sus principios para la fabricación de utensilios para la caza y cocina, instrumentos musicales entre otros. Debido al uso de la caña guadúa en utensilios de cocina, investigadores establecieron que está presentaba propiedades antioxidantes, las cuáles evitaban la proliferación de bacterias. La caña guadúa se ha logrado reproducir a 4000 msnm, es de fácil obtención en muchos países, a excepción de la Antártica puesto que no existe vida vegetal por el clima que presenta.

#### **2.2 GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

“El nombre Guadua fue descrito por el botánico alemán Karl Sigmond Kunth en 1822, como un género segregado del genero asiático Bambusa. Kunth emplea el vocablo indígena “guadua” que era como las comunidades nativas de Colombia y Ecuador llamaban a este bambú, y designa a Guadua angustifolia como la especie tipo, en donde el epíteto específico significa hoja angosta” (Lozada, 2012, pág. 9).

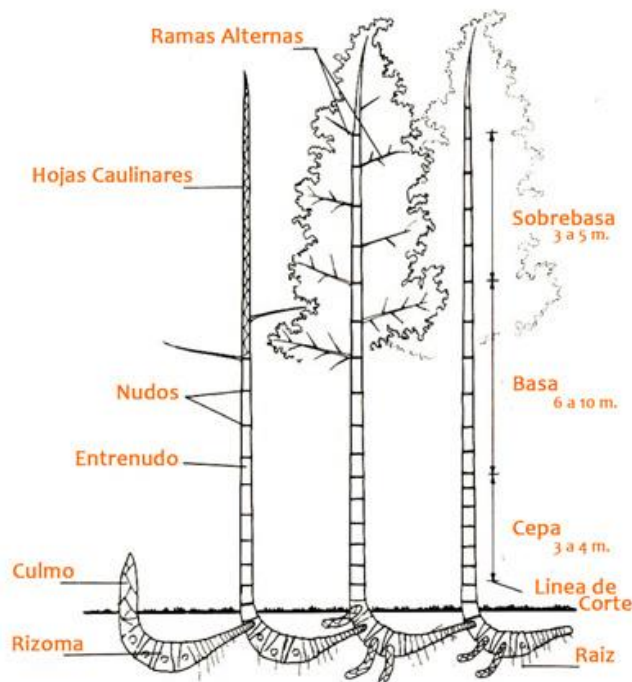
De acuerdo con Lozada (2012), se dice que algunos científicos han determinado que la Guadúa Angustifolia Kunth está catalogada como uno de los 20 mejores bambúes que existen en el mundo debido a sus propiedades físico-mecánicas que presentan. La caña guadúa o conocida por su nombre científico Guadua Angustifolia Kunth puede ser localizada en países latinoamericanos como Ecuador, Colombia y Venezuela a una altura entre 0 y 2000 msnm, formando entre ellos guadales; se

encuentran a orillas del río, en cordilleras, bosques y valles. También podemos encontrar esta especie en otros países fuera de Latinoamérica como el Caribe, Asia, Norteamérica y Europa.

### 2.3 PARTES PRINCIPALES DE LA CAÑA GUADÚA

La caña guadúa o también conocido como bambú, está conformada por partes principales que son: rizoma, tallo (con nudos y entrenudos), ramas y semilla.

Figura 1: Partes de la caña guadúa



Fuente: (Bambusa.es, 2014)

Las secciones intermedias o Basas son esbeltas y muy ligeras en relación a su enorme resistencia, mantienen muy bien el diámetro exterior y son muy fibrosas por lo que son las piezas más usadas en construcción. (Bambusa.es, 2014)

### 2.4 MORFOLOGÍA DE LA CAÑA GUADÚA

Anatómicamente un bambú está compuesto por: corteza, parénquima, fibras y haces vasculares. La forma, tamaño, número y concentración de haces vasculares varía desde la periferia hacia la parte interna del culmo, y desde la base del culmo hacia el ápice del mismo (Lozada, 2012, pág. 9).

Las propiedades de los culmos de bambú están determinadas por su estructura anatómica y son las características anatómicas del culmo las que en últimas reflejan el uso final de este material. La composición de tejidos en un culmo de *Guadua angustifolia* es 40% fibra, 51% parénquima y 9% tejido conductivo (Lozada, 2012, pág. 10).

El contenido de fibra es más alto en el segmento apical (56%) que en el segmento medio (26%) y basal (29%) comparativamente con otros bambúes tropicales y subtropicales, esta especie presenta un porcentaje de fibra relativamente alto y un mayor contenido de sílice en la epidermis lo que explica sus asombrosas propiedades de resistencia y flexibilidad (Lozada, 2012, pág. 10).

## **2.5 DESARROLLO Y CULTIVO**

La caña guadúa o bambú tiene un rápido crecimiento si se lo compara con el crecimiento de un árbol y llega a desarrollarse en menos de un año, pero hay que destacar que tiene algunas etapas para su correcta utilización. Tiene una etapa de maduración o llamada sazónamiento que por lo general esta entre los 3 y 6 años de edad, se puede empezar a notar su maduración respecto a su color ya que la caña guadúa cuando empieza a madurar toma un color verde oscuro, en esta etapa el bambú logra adquirir su máxima resistencia y es recomendado para fines constructivos principalmente. Luego de los 6 años ya no es recomendable la utilización puesto que su resistencia a partir de ese año decrece y su tallo empieza a secarse. El ciclo de la caña guadúa conforma alrededor de una tercera parte del crecimiento respecto a un árbol pequeño y su productividad es el doble que la del árbol. Esta planta emerge del suelo con un diámetro definido y se caracteriza por no presentar incrementos en su diámetro a diferencia de los árboles.

Lozada (2012) afirma que : este género, ha reportado incrementos de altura de 21 cm por día, alcanzando su altura máxima (15-30 m) en los primeros 6 meses y su madurez entre los 5 y 6 años. Este crecimiento difícilmente es superado por especies nativas maderables de la región. La composición ideal de culmos en un guadual se ha estimado en 10% renuevos, 30% jóvenes, 60% maduros y sobre maduros, y sin culmos secos, con una densidad de 3000 a 8000 culmos por hectárea, presentándose

una relación inversa entre densidad y diámetro promedio. La productividad por hectárea de esta especie es de 1200-1350 culmos/ha/años (pág. 14).

La caña guadúa tiene algunos usos como: “alimento, generalmente los brotes de 10 o 15 días de edad son aprovechados.” (Lozada, 2012). También se lo utiliza en artesanías; de hecho, existen algunos emprendimientos en el país en donde venden y promocionan productos en base de la obtención de la caña guadúa que son amigables con el medio ambiente.

A continuación, se tienen los factores que se deben tener en cuenta al momento de cultivar el bambú o caña guadúa:

- a) Factores climáticos (lluvia, temperatura, humedad)
- b) Factores edafológicos (suelo)
- c) Factores selváticos (vegetaciones altas y bajas)

### **2.5.1 EDAD DE CORTE**

Según Lozada (2012) dice que es muy importante tener presente que de la edad de corte o grado de sazamiento depende la resistencia física y grado de dureza del bambú. La duración del proceso de crecimiento del tallo desde el momento en que brota del suelo, hasta cuando adquiere su máximo desarrollo, varía según la especie, entre los 80 y 110 días, después de los cuales el tallo no aumenta en altura ni en diámetro. Durante esta etapa de crecimiento, la pared del tallo es muy blanda, su resistencia es muy baja y contiene un promedio de 95% de agua. Terminado el crecimiento del tallo, se inicia el periodo de madurez o de sazón, durante el cual el tallo se va fortaleciendo rápidamente hasta adquirir su madurez y máxima resistencia entre los 3 y los 6 años de edad. Pasado este periodo, su resistencia comienza a disminuir lentamente; su color se va tornando blanco, hasta secarse (pág. 18).

La variación ascendente de las características físicas o mecánicas que se presentan en el bambú, a medida que transcurre su sazamiento, es aprovechada en la fabricación de gran cantidad de productos, cuya utilización final y grado de dureza requeridos para elaborarlos, determinan el tiempo de sazamiento o madurez que debe tener el bambú para emplearlo industrialmente. Así, el bambú entre 1 y 3 años se lo emplea en la fabricación de pulpa de papel, debido a que su pared es

relativamente blanda, lo cual hace el proceso de obtención de la celulosa más fácil y económico. Además, a esta misma edad, se lo utiliza en la elaboración de productos artesanales, como por ejemplo canastos o bandejas tejidas con estas fibras (Lozada, 2012, pág. 18)

Se mencionó anteriormente, que la etapa para la utilización de la caña guadúa es de 3 a 6 años es decir en su etapa de maduración ya que adquieren propiedades como alta resistencia para ser utilizados en miembros estructurales y fabricación de cables para puentes pequeños. En algunos países como India y Japón se realizaron ensayos experimentales y se determinó que la edad efectiva del bambú está entre 3 y 6 años de edad; pero un investigador llamado Glenn, descubrió mediante la realización de ensayos físicos tomando algunas especies de bambú y logró determinar que existen algunas de ellas que estando en su etapa joven tenían resistencias iguales o mayores a las sazonadas o de maduración. (Lozada, 2012)

Lozada (2012) expone que se ha comprobado que el bambú no sazonado, o sea menor de 3 años, una vez cortado es más propenso al ataque de insectos que el sazonado; por ello es recomendable en cualquiera de los casos, cortar el bambú en la época de invierno cuando los insectos se encuentran en hibernación. Los tallos deben cortarse a una altura entre 15 y 30 centímetros sobre el nivel del suelo y en la zona localizada inmediatamente encima del nudo, en tal forma que el agua de las lluvias no se deposite en éste, pudriéndolo, y afectando luego el rizoma. El corte debe hacerse empleando sierras o machetes limpios; en ningún caso se recomienda utilizar hachas (pág. 18 y 19).

## **2.6 TRATAMIENTOS QUÍMICOS PARA LA PRESERVACIÓN DE LA CAÑA GUADÚA**

En la actualidad existen dos tipos de tratamientos: tradicionales (naturales) y químicos para la caña. El tratamiento tradicional o cultural se utilizan técnicas de avinagrado o curado, en ella interviene como factor principal la evaporación de la humedad a través del humo y también se puede realizar lavados con cal. Con las técnicas expuestas se puede intentar que la caña tenga un estado aceptable, pero es incierto el resultado ya que estos métodos son populares es decir no se rigen a una norma específica y son generalmente aplicados por trabajadores no certificados.

El método de avinagrado es económico, consiste en dejar intacta la caña cortada con sus ramas y hojas sobre el mismo tocón donde se lo cortó, durante quince a veinte días, para que mediante procesos de deshidratación y transpiración que no paran, aunque se haya cortado la caña; ocasionando que el contenido de humedad, azúcares y almidón decaigan, cuando la savia baje. El método de evaporación de la humedad de las cañas mediante humo sobre fuego es efectivo contra hongos e insectos. El método de lavados con cal se usa para proteger la caña guadúa de los hongos. (Córdova Alcívar, 2014)

En el sector de la construcción se espera que la caña guadúa tenga una larga duración para que un proyecto sea sostenible por esa razón será de vital importancia usar tratamientos químicos para la obtención de mejores resultados.

Por otro lado, tenemos tratamientos químicos que emplean bórax y ácido bórico. Hay que tener en cuenta que los productos químicos a emplear no afecten la salud de las personas y al medio ambiente.

Un buen sistema de preservación puede ser obtenido con fertilizantes hechos con bórax, octaborato disódico tetrahidratado, con un sesenta y seis por ciento de contenido de bórax activo. Es un método eficaz económico y seguro para los usuarios y el medio ambiente. En un tanque con un tamaño suficiente para sumergir las cañas se elabora una mezcla de por cada treinta litros de agua se recomienda un kilo de bórax y dos kilos de ácido bórico. Se deben perforar todos los diafragmas de las cañas para que la solución entre a todas las cavidades de la caña. Se deben sumergir las cañas durante un mínimo de tres días. Una vez retiradas las cañas del tanque, se debe escurrir la solución y se somete a la caña a un proceso de secado post inmersión. (Córdova Alcívar, 2014)

Existen algunos métodos disponibles para poder aplicar los químicos a las cañas guadúa. Lo importante es preparar técnicamente los preservantes para que puedan actuar adecuadamente durante el procedimiento de preservación. Se necesitan muchas precauciones, al realizar estos tratamientos, con mano de obra calificada, buena administración de los recursos, control de calidad. (Córdova Alcívar, 2014)



Finalmente, con un apropiado tratamiento a la caña guadúa ya sea tradicional o químico, se debe mantener las cañas en sombra sin exponerlas al agua y a los rayos solares, para que de esta manera no pierdan sus propiedades físicas-mecánicas al momento de ser utilizadas.

## **2.7 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.**

Su altura depende de la especie, de las condiciones climáticas y del suelo, algunas especies pueden llegar a tener entre 25 a 35 m de altura o más, con diámetros de 5 a 15 cm. La relación aproximada entre el diámetro exterior y el espesor de la pared de la caña es de 1/10.

La *Bambusa guadua* (*Guadua angustifolia*): o simplemente “Guadua”. Se encuentra en Colombia, Ecuador y Perú. La altura promedio de su tallo es de 28 metros por 15 cm de diámetro, con internudos relativamente cortos y 2 cm de espesor. Esta gramínea protege los suelos. Al ser la especie vegetal de más rápido crecimiento y por consiguiente un efectivo cobertor de suelos, produce una capa absorbente del agua que favorece su filtración hacia las cuencas hidrográficas, aumentando el nivel de líquido y a su vez previniendo la erosión del cauce (Miurragui Zambrano, 2004).

La caña guadua tiene algunas propiedades físicas y ecológicas por las que se debe considerarla una seria opción forestal para el país. Es liviana, fuerte, flexible, resiste grandes esfuerzos físico-mecánicos, por lo que sus módulos de compresión, tracción y flexión superan a los del acero en algunas aplicaciones. Absorbe sonidos, olores, altas temperaturas y tiene estupendas cualidades estéticas. (Miurragui Zambrano, 2004)

## **2.8 AMENAZAS DE LA CAÑA GUADÚA**

### **2.8.1 PLAGAS**

Uno de los principales problemas en la mayoría de plantaciones en el Ecuador son las plagas y la caña guadúa también está expuesta a este factor, esto se da por su variable composición química y tiene influencia el clima donde se desarrollan. Las principales plagas son los insectos y cuando ellos hacen de la planta su hábitat se reproducen rápidamente y pueden llegar a deteriorar totalmente la planta.

El ataque de insectos a la Guadua mayormente sucede cuando está trabajando en construcción o antes de ser empleada. En la Guadua Angustifolia, la primera plaga fue reportada en 1917, del orden Orthóptera, familia Tettigoniidae, especie Melanoplus. Sp. (langosta) cuyo daño fue la defoliación y partición de tallos debido al peso de los insectos. (Saenz Aponte, 2001)

Cuando un insecto ataca la caña, se debe a que encuentra en ella condiciones necesarias para desarrollarse, como son alimento (azúcar y almidón) y espacio o resguardo. Los insectos perforadores de la guadua ocupan el segundo lugar en importancia en lo que respecta al deterioro biológico de la guadua después de los hongos. (Saenz Aponte, 2001)

### **2.8.2 ENFERMEDADES DE LA CAÑA GUADÚA**

Las enfermedades en la guadua son ocasionadas por hongos o bacterias que acaban con ella y le hacen perder su utilidad; estos seres vivos aparecen en cualquier lugar, ya sea el gradual plantado, natural o cualquier sitio donde se deposite la caña, es decir, su ataque es limitado. Pueden distinguirse tres grupos de hongos según la naturaleza de su desarrollo sobre la madera y el tipo de deterioro que ocasionan, hongos xilófagos, cromógenos y mohos (Admim, 2012).

Los primeros son los más importantes, por ser capaces de desintegrar las paredes de las células y por lo tanto de cambiar las características físicas y químicas, dando origen a la pudrición. Los hongos cromógenos y los mohos se alimentan de compuestos orgánicos, almacenados en la caña y fáciles de digerir; ejercen escasa o ninguna influencia sobre las propiedades de esta. Los cromógenos causan coloraciones que se consideran como defectos, mientras que los mohos pocas veces colorean la caña (Admim, 2012).

## **2.9 IMPACTO AMBIENTAL**

Según Córdova (2014): en Ecuador la caña guadúa se desarrolla en áreas húmedas tropicales con una temperatura promedio del ambiente de veintidós grados centígrados, pero puede vivir en ambientes de mayor temperatura y en áreas con poca precipitación, siempre que haya suficiente humedad en el suelo. En Ecuador la

caña guadúa se desarrolla normalmente hasta los mil metros sobre el nivel del mar (pág. 45).

A la caña guadúa se la debe plantar en lugares con suelos sueltos, bien drenados y arenosos, por eso las manchas de los guaduales tienen gran altura y buen diámetro en los suelos de los bancos de los ríos, estos suelos sedimentarios se forman en los costados de los ríos después de las precipitaciones (Córdova Alcívar, 2014, pág. 46).

Córdova (2014) afirma que: la caña guadúa almacena grandes cantidades de carbono en su interior, lo absorbe del aire y lo guarda en su interior, plantaciones de caña guadúa absorben grandes cantidades de carbono por hectárea por año. Las plantaciones de caña guadúa se las recomendaría como pulmones para descontaminar ciudades. Como la caña guadúa está compuesta de celulosa y lignina, que contienen mucho carbón; es decir, la caña guadúa necesita mucho carbono para crecer. Cuando las cañas son usadas para la construcción o artesanías; es decir, no es usada como madera para combustión, se asegura que el carbono se quede encerrado dentro de las cañas por un gran periodo (pág. 46).

## **2.10 PRODUCCIÓN EN EL ECUADOR**

La caña guadúa de la región andina del Ecuador es una excelente materia prima, pero hay que saber seleccionarla para optimizar su uso. Se debe usar cañas guadúas maduras, “hechas” con no menos de 4 años de edad, porque son más resistentes y tienen menor contenido de humedad, se las debe curar y secar. Además, deben usarse cañas de buena calidad, que no tengan fallas y sean uniformes.

Entre las fallas o enfermedades que se pueden ver a simple vista, en la caña guadúa se encuentran los huecos creados por pájaros o insectos, decoloraciones del tallo y rajaduras. Se debe prestar especial atención a las cañas torcidas o con otro tipo de deformaciones, ya que estas cañas tienen defectos mecánicos que pueden afectar su comportamiento estructural o pueden afectar estéticamente a la construcción (Córdova Alcívar, 2014, pág. 49).

El corte de las cañas guadúas se realiza en las plantaciones llamadas guaduales, cañales o manchas. Se debe contar con personal de experiencia en este tipo de trabajos, ya que las técnicas que se empleen en el corte son muy importantes para

que se asegure una adecuada oferta de cañas de calidad para la construcción (Córdova Alcívar, 2014, pág. 49).

Figura 2: Selección de la caña al cortar



Fuente: (Córdova Alcívar, 2014)

Figura 3: Tocón de caña guadúa recién cortado



Fuente: (Córdova Alcívar, 2014)

Es importante que el corte en el tallo de la caña, se lo haga lo más cercano a la superficie del suelo, entre el primer nudo y el segundo nudo, para que ésta siga reproduciéndose, arreglando el tocón para evitar que el agua se empoce en el tocón, lo que provocaría la pudrición de las raíces por el ataque de hongos y humedad (Córdova Alcívar, 2014, pág. 51).

## **2.11 PERÍODO DE VIDA ÚTIL DE LA CAÑA GUADÚA**

Se puede pensar que una de las afectaciones de la caña guadúa podría ser acerca del período de vida que tenga ya sea por enfermedades que causen los insectos ya que al ser hueca la caña puede dar lugar para que se acomoden estos peligrosos agentes y estos a su vez pueden llegar a destruir la pared exterior de la caña dejándola en una mala condición y podría afectar en las propiedades físicas y mecánicas, tomando en consideración lo mencionado, la estructura de caña guadúa podría tener un plazo de duración muy corto y esto afectaría a la inversión como material de construcción ya que se espera que al menos una estructura dure unos 50 años aproximadamente.

Estudios han determinado que la caña guadúa tiene poca duración, para contrarrestar este problema se necesitan implementar ciertos productos químicos para que la caña guadúa aumente su durabilidad natural.

Ecuador es un país que tiene 4 regiones y se destaca por tener en algunas de sus regiones con un concentrado de humedad alta, esto no es beneficioso para la caña guadúa puesto que afectaría en su durabilidad, ya que estudios realizados determinan que la caña guadúa tiene su propio porcentaje natural alto de humedad lo que hace difícil su secado completo en su interior, y a su vez la humedad incentiva a que se desarrollen organismos como hongos. (Córdova Alcívar, 2014)

Para que una estructura de caña guadúa llegue a tener una alta durabilidad, durante un periodo largo de vida, las cañas deben ser tratadas, deben ser protegidas del contacto directo de los rayos del sol, del contacto directo con el suelo y la humedad. Mediante estudios de preservación, los periodos de vida de las cañas pueden ser considerablemente altos (Córdova Alcívar, 2014, pág. 52).

Cuando se use la caña guadúa como material de construcción, solo debe usarse cañas secas y maduras; en el diseño debe asegurarse que las cañas permanecerán secas, lejos de la humedad, o estar ubicadas de manera que se puedan secar rápido por acción del viento (Córdova Alcívar, 2014, pág. 52 y 53).

Los campesinos, agricultores, administradores de plantaciones de caña guadúa explican, por su experiencia propia de años de trabajo en el cultivo de caña guadúa, que la parte más baja de los tallos de las cañas guadúa tiene una durabilidad mayor

que el resto del tallo, a medida que se aleja del suelo; debido a que la corteza de la pared externa de la caña guadúa, en este sector, es más durable; a ellos se les hace más difícil cortar la caña en estos sectores de la base (Córdova Alcívar, 2014, pág. 53).

Se ha evaluado que las cañas guadúas cortadas durante el cuarto menguante de la luna tienen mayor durabilidad, debido a que durante esta etapa de la luna las cañas se encuentran con menos humedad en su interior, aunque esta correlación entre la durabilidad y las fases de la luna sea difícil de establecer, probablemente en la realidad. Según la sabiduría popular debe ser cortada preferiblemente en las tres noches de más oscuridad y entre las más altas horas de la noche y las horas de la madrugada. También se ha evaluado que las cañas guadúa cosechadas durante la estación seca tienen una mejor durabilidad que aquellas cosechadas durante las estaciones lluviosas (Córdova Alcívar, 2014, pág. 53) .

## **2.12 PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DE LA CAÑA GUADÚA**

Son varios los factores que pueden influir en las propiedades físicas y mecánicas que tenga una caña de guadua, los mismos que pueden ser intrínsecos de la especie como por ejemplo edad de maduración de la caña y otros factores externos que tiene ver con las condiciones ambientales del lugar de la plantación del guadual (aspectos climáticos y características del tipo de suelo) (Miurragui Zambrano, 2004, pág. 91).

Varios estudios han sido realizados para determinar las propiedades de la caña guadua, pero lamentablemente como los estudios sobre esta especie son relativamente recientes, no existen aún estándares establecidos sobre las pruebas que se realizan y las características que deben cumplir los tipos de muestras para dichos ensayos (Miurragui Zambrano, 2004, pág. 92).

Una característica de todo producto de la naturaleza es su variabilidad; la guadua como tal es buen ejemplo de ello. No existen dos pedazos de guadua iguales, aun siendo parte del mismo tallo o caña. Se presentan condiciones del ambiente como son el suelo y el clima que afectan la tasa de crecimiento, así como la estructura, la forma y las propiedades de resistencia. Se pueden mencionar otros ejemplos que son fuentes de variación en las propiedades de la guadua como la presencia o ausencia de

luz y las labores silviculturales en el guadua como la poda de ramas. (Miurragui Zambrano, 2004)

La guadua es considerada como un material liviano, de fácil y económico desarrollo en muchas regiones de la geografía ecuatoriana, por lo cual debe ser utilizada adecuadamente a partir de parámetros de diseño apoyados en sus particulares propiedades físicas y mecánicas, de procesos de preservación si fuese necesario.

Si se requiere hacer la caña guadúa impermeable es recomendable que se analice bien como se lo va a realizar puesto que si quedan residuos de agua en la caña podría esta pudrirse y descomponerse, y se debe tener aún más cuidado si se tiene cañas verdes ya que como son jóvenes tienen un alto contenido de humedad. (Miurragui Zambrano, 2004)

Parametros de propiedades mecánicas de la caña guadúa según la norma INEN.

Tabla 1: Resistencia de la caña guadúa

| <b>Nombre Botánico</b>     | <b>% humedad secada al aire</b> | <b>Peso Kg/dm<sup>3</sup></b> | <b>Límite de tensión elástico Kg/cm<sup>2</sup></b> | <b>Tensión para la rotura Kg/cm<sup>2</sup></b> | <b>Modulo Elasticidad Kg/cm<sup>2</sup></b> |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---|---|---|
| <b>Bambusa tuldoides</b>   | 11.1                            | 0.83                          | 844   | 1547  | 162000                                      |
| <b>Guadua angustifolia</b> | 10.3                            | 0.82                          | 843   | 1448  | 176000                                      |

Fuente: Norma INEN ecuatoriana 42 (1976) Bambú caña guadua

## **2.13 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CAÑA GUADÚA EN LA CONSTRUCCIÓN.**

### **2.13.1 VENTAJAS:**

- Para el sector de la construcción es relativamente un material con excelentes propiedades ya que es liviano, resistente. Estudios han determinado que si tiene un correcto uso puede ser más viable que la madera.

- Es de fácil obtención ya que es económico y se puede emplear para algunos proyectos ya que la construcción cada día tiene nuevas innovaciones.
- Se puede utilizar la caña guadúa y con esto se ayudaría a la disminución de tala de los bosques para la obtención la madera.

#### **2.13.2 DESVENTAJAS:**

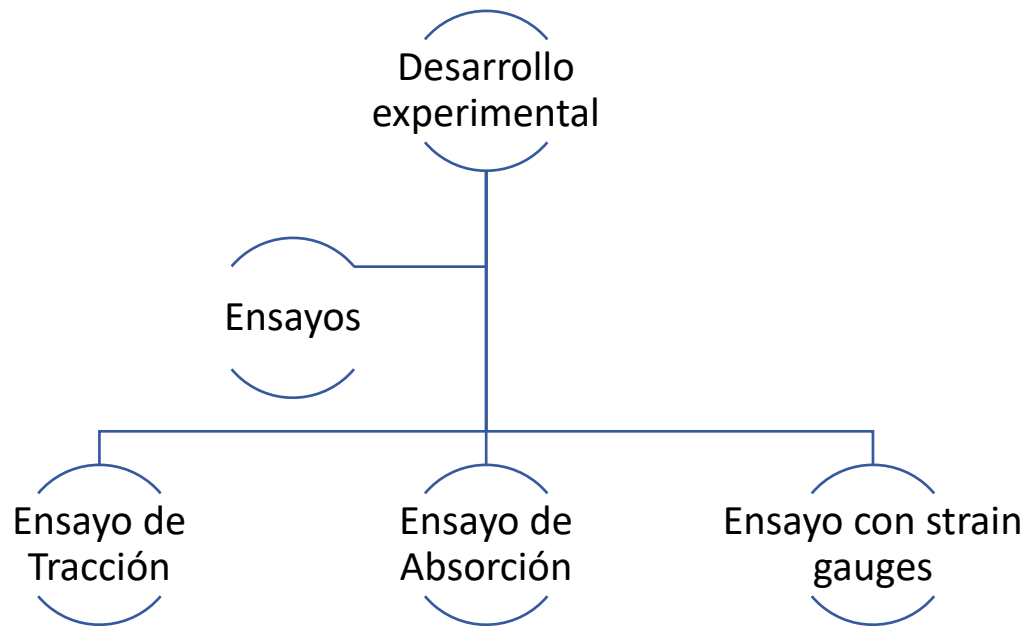
- Al ser un material de procedencia natural lo hace susceptible a plagas, insectos, hongos por lo que podría afectar su vida útil. A pesar de tratar la caña guadúa con tratamientos expuestos anteriormente es inevitable para su degeneración con el tiempo.
- Es un material peligroso ya que actúa como combustible cuando se encuentra en estado seco, por eso se debe tomar precauciones cuando se lo va a utilizar en construcciones agregándole una sustancia a prueba de fuego.



## CAPITULO 3

### 3 DESARROLLO EXPERIMENTAL

En el desarrollo del presente trabajo se trabajará con tres ensayos principales, los cuales son especificados a continuación.



#### 3.1 ENSAYO DE TRACCIÓN

La prueba de tracción, también conocida como prueba de tensión, es una de las pruebas mecánicas más importantes y comunes. La prueba a tensión consiste en aplicar una fuerza longitudinal a un material y determina el comportamiento del elemento. De esta manera, el ensayo a tensión determina la resistencia que tendrá el material y elongación. Este ensayo es realizado típicamente con instrumentos electromecánicos o medidores universales los cuales están debidamente estandarizados.

#### 3.2 ENSAYO DE TRACCIÓN A LA TIRILLA DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON Y SIN RESINA EPÓXICA

Para los ensayos a tracción de fibras naturales no existe una norma la cual permita determinar la forma correcta para lograr obtener los esfuerzos producidos en el material vegetal, en base a ello se investigó normas las cuales permitan tener

semejanza con ensayos a tracción de fibras naturales y la que mayor relación tiene es la norma ASTM D3822, la cual determina el ensayo a tracción en fibras vegetales y se trató de aplicar el mismo método.

Como primera parte se creó un sistema con dos placas de acero las cuales tienen medidas de 15 cm de largo por 5 cm de ancho revestida interiormente con una lija para poder fijar los extremos de las tirillas de fibra de caña guadúa con la ayuda de pernos para que no se deslice y así pueda producirse la falla por donde se espera.

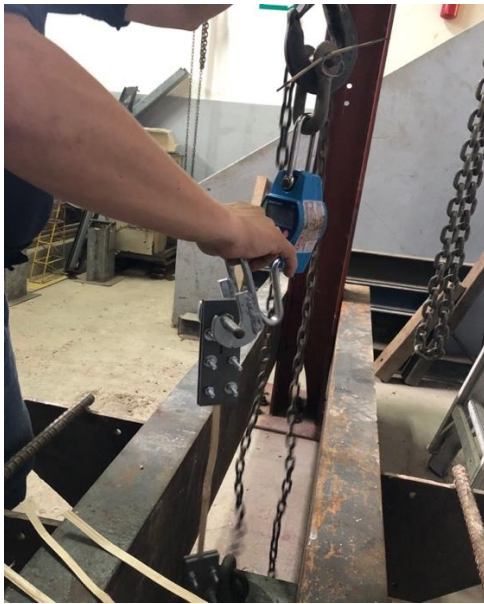
Figura 4: Sistema creado con placas de acero y pernos para ajustar la fibra.



Autora: Andrea Valencia

La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil cuenta con un laboratorio el cual permite realizar este tipo de ensayos. Mediante un pórtico se logró colgar una balanza con una capacidad máxima de 300 kg, a su vez se procede a colocar en la balanza un extremo del sistema de placas mencionado anteriormente y en la parte inferior del pórtico con ayuda de un gancho se fija el otro extremo de la placa para lograr estirarlo completamente y mediante una polea ejercer una fuerza. Esta fuerza será medida con la balanza hasta llegar a la ruptura de la fibra.

Figura 5: Colocación del sistema de placas en el pórtico para la determinación de la fuerza última de la fibra con la ayuda de la balanza.



Autora: Andrea Valencia



Figura 6: Ruptura de la tirilla de fibra de caña guadúa



Autora: Andrea Valencia

Al ejecutar el ensayo surgió un inconveniente en el cual se observó que no se estaba agarrando correctamente la fibra, basándonos en investigaciones bibliográficas, surgió la necesidad de utilizar resina epóxica, la cual permita tener un mayor agarre de las fibras del material y evitar que la falla se produzca en las mordazas.

Para ser exactos se decidió aplicar 15 cm con resina epóxica de cada lado, dejando una superficie libre para ensayar de 20 cm.

Figura 7: Epóxico para mejorar el agarre de las fibras del material.



Autora: Andrea Valencia

Figura 8: Aplicación del epóxico a las tirillas de fibra de caña guadúa



Autora: Andrea Valencia

Se dejó secar el epóxico durante 24 horas hasta que el material colocado estuviera completamente seco. El fin de la aplicación del epóxico era permitir generar una superficie totalmente lisa para que al momento de colocar la fibra entre las placas esta no tienda a deslizarse. Posteriormente se procedió a colocar las placas en el pórtico con la balanza y se lo ensayó referente al ensayo de tracción sin epóxico mencionado anteriormente.

A partir de esto se podrá obtener una comparación de resultados de los ensayos de tracción con y sin epóxico.

Figura 9: Tirilla de fibra de caña guadúa en sus extremos con epóxico para mejorar el agarre de las fibras



Autora: Andrea Valencia

Figura 10: vista de la tirilla colocada en las placas de acero con una superficie libre sin epóxico de 20 cm.



Autora: Andrea Valencia

### 3.3 ENSAYO DE ABSORCIÓN.

Para este ensayo no existe una norma específica para fibras de caña guadúa, en base a ello se buscó una norma que tenga semejanza la cuál es ASTM C 128 que es para agregados.

El ensayo de absorción consiste en poder determinar el cambio de masa que tiene el agregado al momento de ser sometido en agua. El tiempo de saturación en agua debe darse en un lapso de 24 horas con la finalidad de lograr que el agregado logre ser saturado en su totalidad, a partir de ello se seca el material superficialmente y mediante una diferencia entre masas se logra obtener el porcentaje de absorción que tendrá el material.

En primer lugar, este ensayo se lo realiza cortando la tirilla de fibra de caña guadúa, con longitudes de 10 cm aproximadamente. A partir de ello se sumergieron las fibras por 24 horas a una temperatura ambiente de 25°C, luego se procedió a secar la fibra superficialmente y mediante una balanza de alta precisión se determinó el peso saturado.



Figura 11: Muestra de las tirillas de fibra de caña guadúa con longitudes de 10cm, sumergidas en agua a una temperatura ambiente.



Autora: Andrea Valencia

Figura 12: Medición del peso saturado de la tirilla de fibra de caña guadúa con la ayuda de una balanza de alta precisión.



Autora: Andrea Valencia

Luego de realizarle este proceso al material se colocaron las fibras en unas bandejas de aluminio y posteriormente se introdujo en un horno el cual estará a una temperatura de  $\pm 105$  °C por 24 horas. Después se retiró las fibras del horno y se tomó el peso nuevamente, pero esta vez totalmente seca la fibra.

Figura 13: Colocación de las tirillas de fibra de caña guadúa en el horno a una temperatura de  $\pm 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Autora: Andrea Valencia

Mediante la siguiente ecuación se logró obtener el % de absorción que tendrá el material utilizado:

$$\% \text{ absorción} = \frac{\text{Masa sss} - \text{Masa seca}}{\text{Masa seca}} \times 100$$

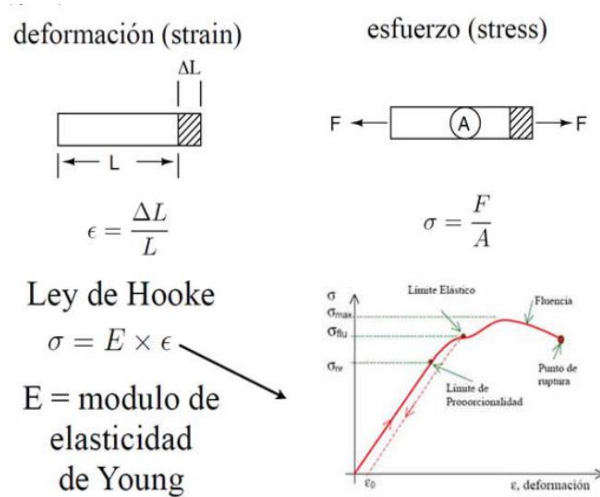
### **3.4 MÓDULO ELÁSTICO Y CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN A LA TIRILLA DE FIBRA DE CAÑA GUADÚA CON GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS.**

Un extensómetro, galga extensiométrica o “strain gage” (en inglés) es un dispositivo de medida universal que se utiliza para la medición electrónica de diversas magnitudes mecánicas como pueden ser la presión, carga, torque, deformación, esfuerzos, posición, etc. Inventado por los ingenieros Edward E. Simmons y Arthur C. Ruge en 1938. En su forma más común, consiste en un estampado de una lámina metálica fijada a una base flexible y aislante. La galga se adhiere al objeto cuya deformación se quiere estudiar mediante un adhesivo, como el cianoacrilato. Según se deforma el objeto, también lo hace la lámina, provocando así una variación en su resistencia eléctrica. Se entiende por strain o esfuerzo a la cantidad de deformación de un cuerpo debida a la fuerza aplicada sobre él. Si lo ponemos en términos



matemáticos, strain ( $\epsilon$ ) se define como la fracción de cambio en longitud. (Strain Gages, 2017)

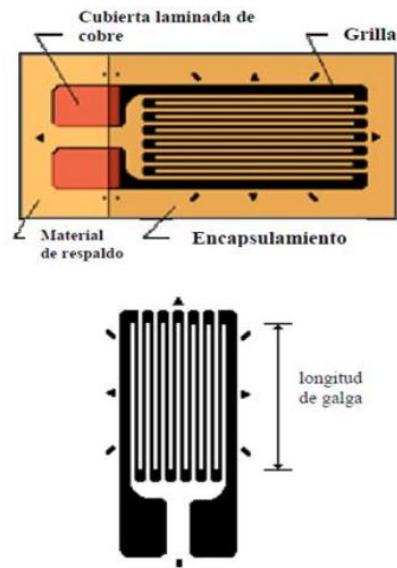
Figura 14: Definición de strain ( $\epsilon$ )



Fuente: (Strain Gages, 2017)

El parámetro strain puede ser positivo (tensión) o negativo (compresión). Si bien es adimensional, en muchos casos se suele expresar en unidades de [mm]/[mm]. En la práctica, la magnitud de medida de strain es muy pequeña por lo que usualmente se expresa como microstrain [ $\mu \epsilon$ ], que es  $\epsilon \times 10^{-6}$ . Es de suma importancia que la galga extensiométrica sea apropiadamente montado sobre la pieza para que el esfuerzo sea transferido adecuadamente desde la pieza a través del adhesivo y el material de respaldo hasta la misma grilla metálica. (Strain Gages, 2017)

Figura 15: Partes del Strain Gage.



Fuente: (Strain Gages, 2017)

El objetivo de este ensayo consiste en aplicar una fuerza y mediante un equipo de lectura tomar la deformación existente en el material, con la finalidad de poder realizar una curva esfuerzo-deformación, la misma que nos ayudará también a obtener el módulo de elasticidad del material.

Para este ensayo se utilizará una galga extensiométrica de la marca Tokyo Sokki Kenkyujo, está irá pegada a la tirilla de fibra de caña guadúa.

Figura 16: Galgas extensiométricas localizadas en el centro de las tirillas de fibra de caña guadúa.



Autora: Andrea Valencia

A partir de ello se procederá a soldar unos cables con respecto a la galga extensiométrica, los cuáles irán directamente relacionados con un lector de deformaciones. Para este caso se utilizará un Portable Data Logger (TTIL-TDS 303).

Figura 17: Cables soldados a la galga extensiométrica.



Autora: Andrea Valencia

Figura 18: Cables ubicados en el lector Portable Data Logger, el cuál medirá la deformación unitaria del material cada cierta aplicación de carga.



Autora: Andrea Valencia

Una vez colocados todos los cables correspondientes en el sitio de lectura se procede a tomar la resistencia correspondiente la cuál debe estar alrededor de los  $120 \Omega$ , con la ayuda de un multímetro.

Figura 19: Medición de la resistencia de los cables con la ayuda de un multímetro.



Autora: Andrea Valencia

Finalmente se coloca la tirilla de fibra de caña guadúa en las placas de acero, y se las ubica en el pórtico y cada 20 kg de fuerza aplicada aproximadamente con la ayuda de la polea se procederá a tomar lectura de la deformación del material, esto en base al equipo mencionado anteriormente.

## **CAPÍTULO 4**

### **4 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRAS DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO SECO.**

Al analizar los resultados de los ensayos realizados se ha establecido el esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa característica de la tracción en 107,96 MPa; es decir 1100,88 kg/cm<sup>2</sup>. Al comparar dicho valor con el esfuerzo de fluencia del acero, que está establecido en 4200 kg/cm<sup>2</sup>, resulta que las tirillas de fibra de caña guadúa son aproximadamente 3 veces menos resistentes que el acero al ser evaluadas a tracción. Utilizar las tirillas para reforzamiento estructural de mampostería puede ser beneficioso debido a que estas presentan una alta resistencia a tracción. Además, al tomar en cuenta su bajo peso propio y un costo de producción menor al acero se encuentra un material idóneo para este tipo de refuerzo.

Tabla 2: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco y calculó del esfuerzo último.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | $\sigma$ ult (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|--------------------|
| 1            | 0.12         | 0.98       | 0.12                            | 156.40 | <b>126.85</b>      |
| 2            | 0.16         | 1.00       | 0.16                            | 60.2   | <b>37.60</b>       |
| 3            | 0.10         | 0.99       | 0.10                            | 53.2   | <b>51.32</b>       |
| 4            | 0.16         | 1.00       | 0.16                            | 60.1   | <b>36.95</b>       |
| 5            | 0.18         | 0.99       | 0.18                            | 125.5  | <b>69.07</b>       |
| 6            | 0.11         | 1.01       | 0.11                            | 179    | <b>154.27</b>      |
| 7            | 0.12         | 1.02       | 0.13                            | 115.4  | <b>89.94</b>       |
| 8            | 0.13         | 0.97       | 0.12                            | 110.8  | <b>88.20</b>       |
| 9            | 0.11         | 1.02       | 0.11                            | 55.2   | <b>49.45</b>       |
| 10           | 0.11         | 1.027      | 0.11                            | 162.1  | <b>140.72</b>      |
| 11           | 0.10         | 0.99       | 0.10                            | 202.5  | <b>195.34</b>      |
| 12           | 0.11         | 0.88       | 0.10                            | 70.2   | <b>69.47</b>       |
| 13           | 0.13         | 1.02       | 0.13                            | 190.9  | <b>140.77</b>      |
| 14           | 0.12         | 1.01       | 0.12                            | 64.4   | <b>52.11</b>       |
| 15           | 0.09         | 0.89       | 0.08                            | 127.1  | <b>150.09</b>      |
| 16           | 0.14         | 1.02       | 0.15                            | 53.1   | <b>35.81</b>       |
| 17           | 0.11         | 0.90       | 0.10                            | 158.8  | <b>152.62</b>      |
| 18           | 0.09         | 0.96       | 0.09                            | 20     | <b>21.97</b>       |
| 19           | 0.08         | 0.99       | 0.08                            | 159.3  | <b>190.12</b>      |
| 20           | 0.09         | 0.99       | 0.09                            | 129.2  | <b>138.04</b>      |
| 21           | 0.09         | 0.99       | 0.09                            | 30.2   | <b>32.17</b>       |
| 22           | 0.11         | 1.00       | 0.11                            | 293.6  | <b>262.54</b>      |
| 23           | 0.12         | 0.92       | 0.11                            | 142.7  | <b>129.59</b>      |
| 24           | 0.11         | 0.96       | 0.11                            | 140.2  | <b>130.20</b>      |
| 25           | 0.10         | 1.09       | 0.11                            | 295    | <b>273.62</b>      |
| 26           | 0.12         | 0.89       | 0.10                            | 111.2  | <b>104.37</b>      |
| 27           | 0.18         | 1.087      | 0.20                            | 100.5  | <b>50.37</b>       |
| 28           | 0.14         | 1.04       | 0.14                            | 172.2  | <b>118.87</b>      |
| 29           | 0.16         | 1.25       | 0.20                            | 23.7   | <b>11.84</b>       |
| 30           | 0.14         | 0.98       | 0.13                            | 183.6  | <b>134.52</b>      |

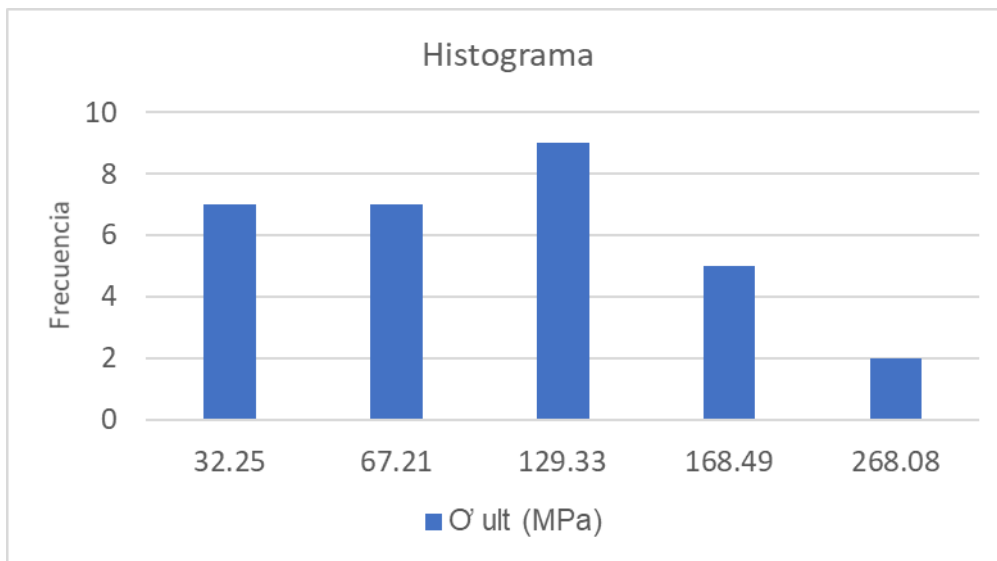
Autora: Andrea Valencia

Tabla 3: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa.

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| $\sigma_{ult}$ Promedio | 107.96 Mpa |
| Desviación Estándar (S) | 67.26 Mpa  |
| Variación               | 0.62       |

Autora: Andrea Valencia

Figura 20: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco.



Autora: Andrea Valencia

Al analizar las tirillas se pudo observar que aquellas que coinciden con el nudo de la propia planta presentaban esfuerzos diferentes a diferencia de las tirillas que no tenían nudo, por esta razón se las separó y se hizo un análisis independiente para conocer su esfuerzo último promedio.

En la división que se realizó el resultado del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco nos dio un resultado de 142,01 MPa; es decir 1448,09 kg/cm<sup>2</sup>.



Tabla 4: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco sin nudo y cálculo del esfuerzo último.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | $\sigma$ ult (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|--------------------|
| 1            | 0.12         | 0.98       | 0.12                            | 156.40 | <b>126.85</b>      |
| 2            | 0.18         | 0.99       | 0.18                            | 125.5  | <b>69.07</b>       |
| 3            | 0.11         | 1.01       | 0.11                            | 179    | <b>154.27</b>      |
| 4            | 0.12         | 1.02       | 0.13                            | 115.4  | <b>89.94</b>       |
| 5            | 0.13         | 0.97       | 0.12                            | 110.8  | <b>88.20</b>       |
| 6            | 0.11         | 1.027      | 0.11                            | 162.1  | <b>140.72</b>      |
| 7            | 0.10         | 0.99       | 0.10                            | 202.5  | <b>195.34</b>      |
| 8            | 0.13         | 1.02       | 0.13                            | 190.9  | <b>140.77</b>      |
| 9            | 0.09         | 0.89       | 0.08                            | 127.1  | <b>150.09</b>      |
| 10           | 0.11         | 0.90       | 0.10                            | 158.8  | <b>152.62</b>      |
| 11           | 0.08         | 0.99       | 0.08                            | 159.3  | <b>190.12</b>      |
| 12           | 0.09         | 0.99       | 0.09                            | 129.2  | <b>138.04</b>      |
| 13           | 0.11         | 1.00       | 0.11                            | 293.6  | <b>262.54</b>      |
| 14           | 0.12         | 0.92       | 0.11                            | 142.7  | <b>129.59</b>      |
| 15           | 0.11         | 0.96       | 0.11                            | 140.2  | <b>130.20</b>      |
| 16           | 0.10         | 1.09       | 0.11                            | 295    | <b>273.62</b>      |
| 17           | 0.12         | 0.89       | 0.10                            | 111.2  | <b>104.37</b>      |
| 18           | 0.18         | 1.087      | 0.20                            | 100.5  | <b>50.37</b>       |
| 19           | 0.14         | 1.04       | 0.14                            | 172.2  | <b>118.87</b>      |
| 20           | 0.14         | 0.98       | 0.13                            | 183.6  | <b>134.52</b>      |

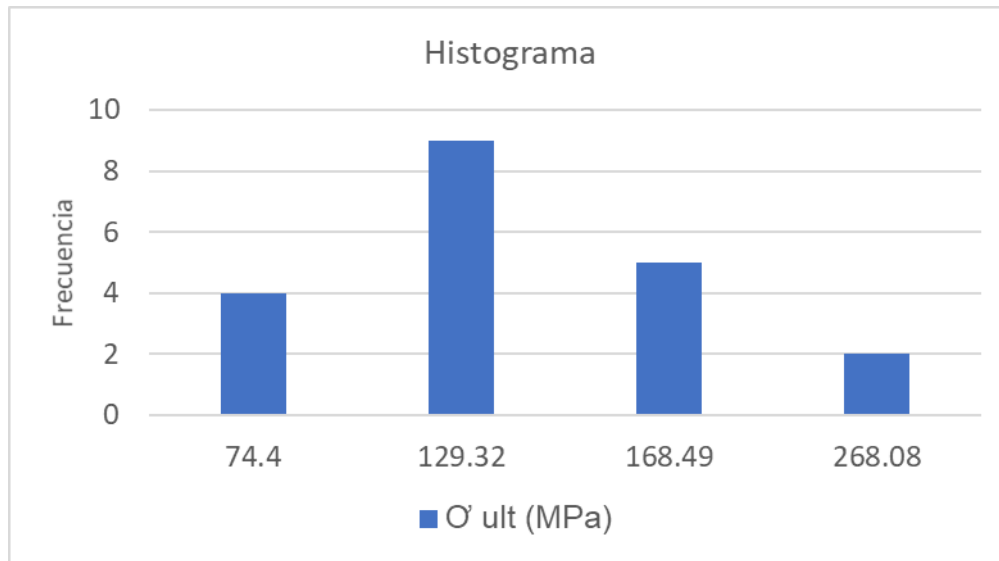
Autora: Andrea Valencia

Tabla 5: Análisis estadístico del esfuerzo último promedio de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| $\sigma$ ult Promedio   | 142.01 Mpa |
| Desviación Estándar (S) | 55.82 Mpa  |
| Variación               | 0.39       |

Autora: Andrea Valencia

Figura 21: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco



Autora: Andrea Valencia

De igual manera, se subdividieron según su área con la ayuda de la tabla 4 para conocer la influencia de dicha propiedad con respecto al esfuerzo último de la tirilla de fibra de caña guadúa. Se decidió agrupar en diferentes rangos de área.

Se obtuvo que en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 155,10 MPa; es decir 1581,58 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 6: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco sin nudo y calculó del esfuerzo último en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ ult (MPa)   |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|---------------|
| 1            | 0.10         | 0.99       | 0.10                            | 202.5  | <b>195.34</b> |
| 2            | 0.09         | 0.89       | 0.08                            | 127.1  | <b>150.09</b> |
| 3            | 0.11         | 0.90       | 0.10                            | 158.8  | <b>152.62</b> |
| 4            | 0.08         | 0.99       | 0.08                            | 159.3  | <b>190.12</b> |
| 5            | 0.09         | 0.99       | 0.09                            | 129.2  | <b>138.04</b> |
| 6            | 0.12         | 0.89       | 0.10                            | 111.2  | <b>104.37</b> |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 7: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup>.

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 155.10 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 33.89 MPa  |
| Variación                 | 0.22       |

Autora: Andrea Valencia

Así mismo para un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último se estima en un valor de 149,17 MPa; es decir 1521,11 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 8: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco sin nudo y calculó del esfuerzo último en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.12         | 0.98       | 0.12                            | 156.40 | <b>126.85</b>          |
| 2            | 0.11         | 1.01       | 0.11                            | 179    | <b>154.27</b>          |
| 3            | 0.12         | 1.02       | 0.13                            | 115.4  | <b>89.94</b>           |
| 4            | 0.13         | 0.97       | 0.12                            | 110.8  | <b>88.20</b>           |
| 5            | 0.11         | 1.027      | 0.11                            | 162.1  | <b>140.72</b>          |
| 6            | 0.13         | 1.02       | 0.13                            | 190.9  | <b>140.77</b>          |
| 7            | 0.11         | 1.00       | 0.11                            | 293.6  | <b>262.54</b>          |
| 8            | 0.12         | 0.92       | 0.11                            | 142.7  | <b>129.59</b>          |
| 9            | 0.11         | 0.96       | 0.11                            | 140.2  | <b>130.20</b>          |
| 10           | 0.10         | 1.09       | 0.11                            | 295    | <b>273.62</b>          |
| 11           | 0.14         | 1.04       | 0.14                            | 172.2  | <b>118.87</b>          |
| 12           | 0.14         | 0.98       | 0.13                            | 183.6  | <b>134.52</b>          |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 9: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 149.17 Mpa |
| Desviación Estándar (S)   | 58.86 Mpa  |
| Variación                 | 0.39       |

Autora: Andrea Valencia

Por último, para un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último se estima en un valor de 59,72 MPa; es decir 608,97 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 10: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco sin nudo y calculó del esfuerzo último en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.18         | 0.99       | 0.18                            | 125.5  | <b>69.07</b>           |
| 2            | 0.18         | 1.087      | 0.20                            | 100.5  | <b>50.37</b>           |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 11: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup>.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 59.72 Mpa |
| Desviación Estándar (S)   | 13.22 Mpa |
| Variación                 | 0.22      |

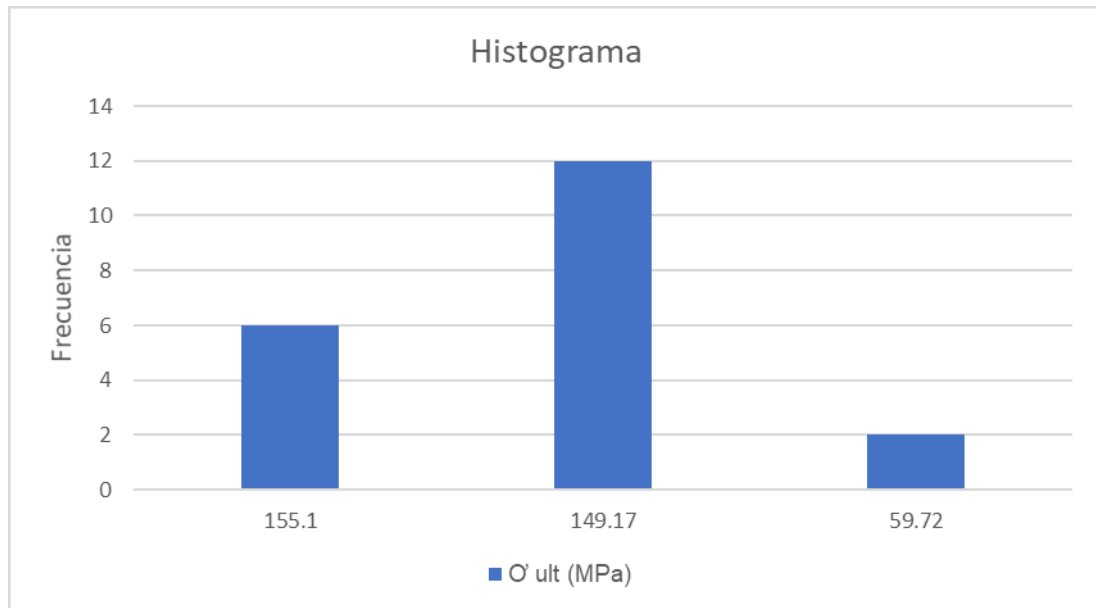
Autora: Andrea Valencia

Tabla 12: Esfuerzos últimos de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco con los diferentes rangos de área.

| Rango (cm <sup>2</sup> )            | σ <sub>ult</sub> (MPa) | Frecuencia |
|-------------------------------------|------------------------|------------|
| Rango (0,05 - 0,10) cm <sup>2</sup> | 155.1                  | 6          |
| Rango (0,10 - 0,15) cm <sup>2</sup> | 149.17                 | 12         |
| Rango (0,15 - 0,20) cm <sup>2</sup> | 59.72                  | 2          |

Autora: Andrea Valencia

Figura 22: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco con los diferentes rangos de área.



Autora: Andrea Valencia

Por otro lado, también se obtuvo el resultado del esfuerzo último promedio de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado seco y dio un resultado de 39,87 MPa; es decir  $406,56 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla 13: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco con nudo y calculó del esfuerzo último.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ ult (MPa)  |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|--------------|
| 1            | 0.16         | 1.00       | 0.16                            | 60.2   | <b>37.60</b> |
| 2            | 0.10         | 0.99       | 0.10                            | 53.2   | <b>51.32</b> |
| 3            | 0.16         | 1.00       | 0.16                            | 60.1   | <b>36.95</b> |
| 4            | 0.11         | 1.02       | 0.11                            | 55.2   | <b>49.45</b> |
| 5            | 0.11         | 0.88       | 0.10                            | 70.2   | <b>69.47</b> |
| 6            | 0.12         | 1.01       | 0.12                            | 64.4   | <b>52.11</b> |
| 7            | 0.14         | 1.02       | 0.15                            | 53.1   | <b>35.81</b> |
| 8            | 0.09         | 0.96       | 0.09                            | 20     | <b>21.97</b> |
| 9            | 0.09         | 0.99       | 0.09                            | 30.2   | <b>32.17</b> |
| 10           | 0.16         | 1.25       | 0.20                            | 23.7   | <b>11.84</b> |

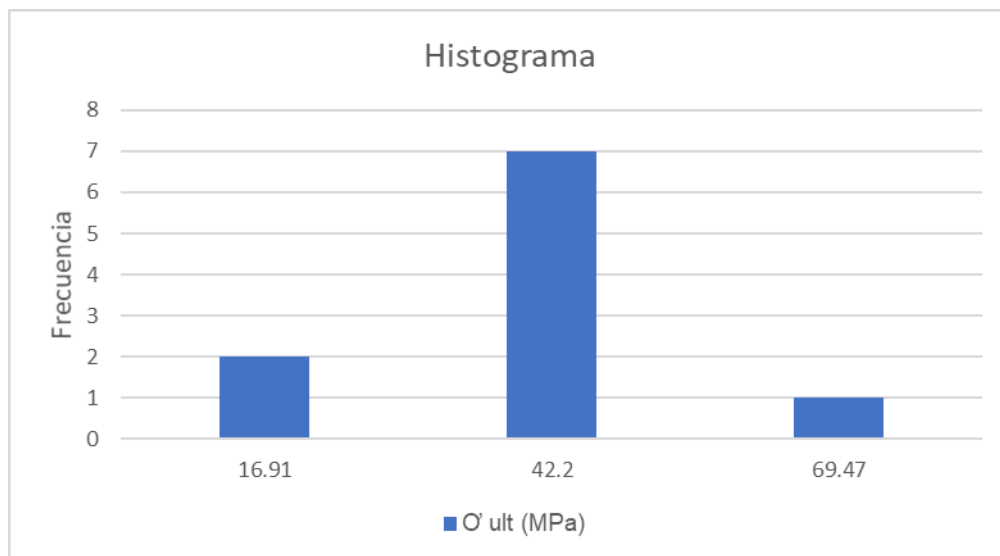
Autora: Andrea Valencia

Tabla 14: Análisis estadístico del esfuerzo último promedio de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado seco.

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| $\sigma_{ult}$ Promedio | 39.87 MPa |
| Desviación Estándar (S) | 16.48 MPa |
| Variación               | 0.41      |

Autora: Andrea Valencia

Figura 23: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco con nudo.



Autora: Andrea Valencia

Así mismo para los ensayos de las tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco con nudo, se subdividieron según su área para conocer la influencia de dicha propiedad con respecto al esfuerzo último. Con los datos mostrados en la tabla 12 se decidió agrupar en diferentes rangos de área.

Se obtuvo que en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 27,07 MPa; es decir 276,03 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 15: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco con nudo y calculó del esfuerzo último en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.09         | 0.96       | 0.09                            | 20     | <b>21.97</b>           |
| 2            | 0.09         | 0.99       | 0.09                            | 30.2   | <b>32.17</b>           |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 16: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup>.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 27.07 Mpa |
| Desviación Estándar (S)   | 7.21 Mpa  |
| Variación                 | 0.27      |

Autora: Andrea Valencia

Así mismo para un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último se estima en un valor de 51,63 MPa; es decir 526,48 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 17: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco con nudo y calculó del esfuerzo último en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.10         | 0.99       | 0.10                            | 53.2   | <b>51.32</b>           |
| 2            | 0.11         | 1.02       | 0.11                            | 55.2   | <b>49.45</b>           |
| 3            | 0.11         | 0.88       | 0.10                            | 70.2   | <b>69.47</b>           |
| 4            | 0.12         | 1.01       | 0.12                            | 64.4   | <b>52.11</b>           |
| 5            | 0.14         | 1.02       | 0.15                            | 53.1   | <b>35.81</b>           |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 18: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 51.63 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 11.98 MPa |
| Variación                 | 0.23      |

Autora: Andrea Valencia

Por último, para un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último se estima en un valor de 28,80 MPa; es decir 293,68 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 19: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado seco con nudo y calculó del esfuerzo último en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Area sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.16         | 1.00       | 0.16                            | 60.2   | <b>37.60</b>           |
| 2            | 0.16         | 1.00       | 0.16                            | 60.1   | <b>36.95</b>           |
| 3            | 0.16         | 1.25       | 0.20                            | 23.7   | <b>11.84</b>           |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 20: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup>.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 28.80 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 14.69 MPa |
| Variación                 | 0.51      |

Autora: Andrea Valencia

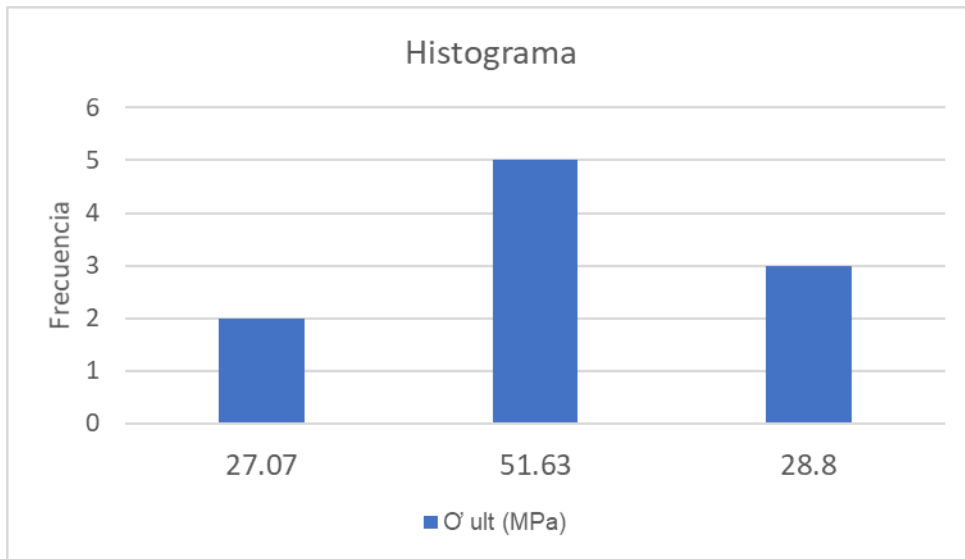
Tabla 21: Esfuerzos últimos de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado seco con los diferentes rangos de área.

| Rango (cm <sup>2</sup> )            | σ <sub>ult</sub> (MPa) | Frecuencia |
|-------------------------------------|------------------------|------------|
| Rango (0,05 - 0,10) cm <sup>2</sup> | 27.07                  | 2          |
| Rango (0,10 - 0,15) cm <sup>2</sup> | 51.63                  | 5          |
| Rango (0,15 - 0,20) cm <sup>2</sup> | 28.8                   | 3          |

Autora: Andrea Valencia



Figura 24: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado seco con los diferentes rangos de área.



Autora: Andrea Valencia

#### 4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRAS DE CAÑA GUADÚA EN ESTADO HÚMEDO.

Se realiza ensayo de tracción en estado húmedo de la fibra ya que se quiere observar la influencia del agua en el esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa. Se muestran los resultados a continuación.

Tabla 22: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo y cálculo del esfuerzo último.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Area sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | $\sigma$ ult (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|--------------------|
| 1            | 0.15         | 1.11       | 0.16                            | 144.4  | <b>87.02</b>       |
| 2            | 0.17         | 1.00       | 0.17                            | 196.4  | <b>111.33</b>      |
| 3            | 0.15         | 1.11       | 0.16                            | 183.2  | <b>110.40</b>      |
| 4            | 0.18         | 1.00       | 0.18                            | 91.7   | <b>50.66</b>       |
| 5            | 0.14         | 0.93       | 0.13                            | 27.3   | <b>20.07</b>       |
| 6            | 0.15         | 0.93       | 0.14                            | 148.7  | <b>106.33</b>      |
| 7            | 0.10         | 0.80       | 0.08                            | 158.6  | <b>195.15</b>      |
| 8            | 0.15         | 0.95       | 0.14                            | 101.6  | <b>69.92</b>       |
| 9            | 0.15         | 1.12       | 0.17                            | 298    | <b>170.09</b>      |
| 10           | 0.12         | 0.98       | 0.12                            | 48.7   | <b>41.53</b>       |
| 11           | 0.14         | 1.18       | 0.16                            | 196.6  | <b>118.96</b>      |
| 12           | 0.23         | 1.35       | 0.31                            | 122.8  | <b>39.30</b>       |
| 13           | 0.18         | 1.31       | 0.24                            | 109.5  | <b>45.54</b>       |
| 14           | 0.11         | 0.90       | 0.10                            | 144.1  | <b>146.26</b>      |
| 15           | 0.14         | 1.14       | 0.16                            | 246.7  | <b>151.59</b>      |
| 16           | 0.15         | 1.29       | 0.20                            | 246.7  | <b>122.58</b>      |
| 17           | 0.13         | 1.26       | 0.17                            | 134.9  | <b>79.13</b>       |
| 18           | 0.26         | 1.22       | 0.32                            | 254.7  | <b>77.66</b>       |
| 19           | 0.12         | 1.21       | 0.14                            | 230.8  | <b>159.48</b>      |
| 20           | 0.14         | 1.17       | 0.16                            | 282.2  | <b>169.39</b>      |
| 21           | 0.19         | 1.28       | 0.25                            | 100.3  | <b>39.72</b>       |
| 22           | 0.14         | 1.23       | 0.18                            | 98.00  | <b>54.64</b>       |
| 23           | 0.18         | 1.01       | 0.18                            | 87.70  | <b>47.45</b>       |
| 24           | 0.14         | 1.02       | 0.15                            | 151.3  | <b>102.03</b>      |
| 25           | 0.13         | 1.28       | 0.17                            | 263.8  | <b>151.96</b>      |
| 26           | 0.17         | 0.99       | 0.17                            | 225.9  | <b>131.23</b>      |
| 27           | 0.17         | 1.23       | 0.21                            | 189.8  | <b>88.80</b>       |
| 28           | 0.17         | 1.14       | 0.19                            | 71.80  | <b>36.24</b>       |
| 29           | 0.14         | 1.06       | 0.15                            | 60.20  | <b>39.90</b>       |
| 30           | 0.23         | 1.16       | 0.27                            | 102    | <b>37.11</b>       |

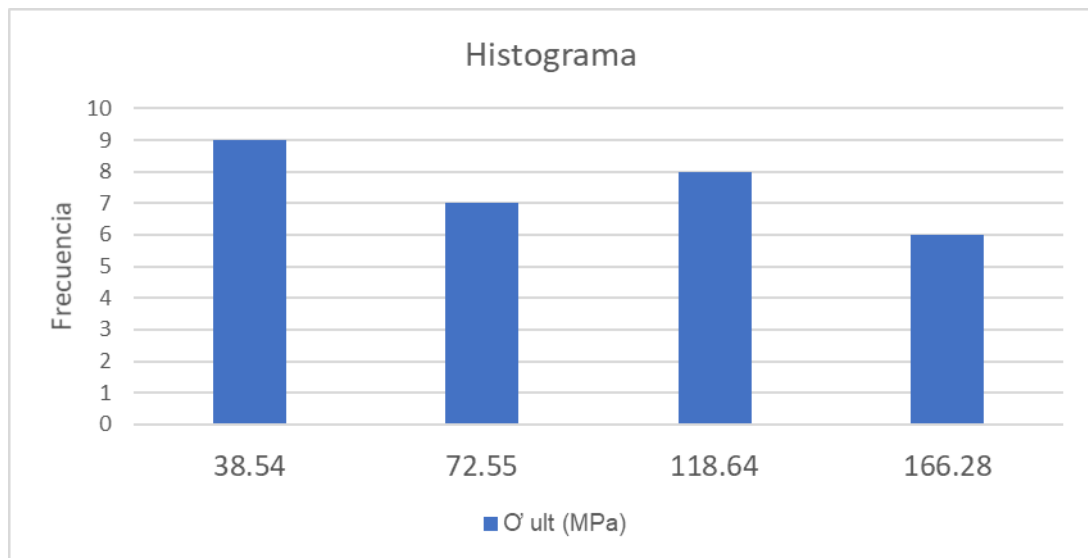
Autora: Andrea Valencia

Tabla 23: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 93.38 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 49.74 MPa |
| Variación                 | 0.53      |

Fuente: Andrea Valencia

Figura 25: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo.



Fuente: Andrea Valencia

Al determinar los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo se ha establecido que el esfuerzo último promedio tiene un valor de 93,38 MPa; es decir 952,21 kg/cm<sup>2</sup>. Esto quiere decir que la tirilla en estado húmedo pierde alrededor de un 15% de resistencia haciendo una comparación con el estado seco de la tirilla.

Tomando como referencia los ensayos de tracción en estado seco, se decidió agrupar a las tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo en dos grupos: con nudo y sin nudo.

Se establece que el esfuerzo último promedio para tirillas de fibras de caña guadúa en estado húmedo sin nudo tiene un valor de 106,90 MPa; es decir 1090,08 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 24: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo sin nudo y cálculo del esfuerzo último.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | $\sigma$ ult (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|--------------------|
| 1            | 0.15         | 1.11       | 0.16                            | 144.4  | <b>87.02</b>       |
| 2            | 0.17         | 1.00       | 0.17                            | 196.4  | <b>111.33</b>      |
| 3            | 0.15         | 1.11       | 0.16                            | 183.2  | <b>110.40</b>      |
| 4            | 0.15         | 0.93       | 0.14                            | 148.7  | <b>106.33</b>      |
| 5            | 0.10         | 0.80       | 0.08                            | 158.6  | <b>195.15</b>      |
| 6            | 0.15         | 0.95       | 0.14                            | 101.6  | <b>69.92</b>       |
| 7            | 0.15         | 1.12       | 0.17                            | 298    | <b>170.09</b>      |
| 8            | 0.14         | 1.18       | 0.16                            | 196.6  | <b>118.96</b>      |
| 9            | 0.23         | 1.35       | 0.31                            | 122.8  | <b>39.30</b>       |
| 10           | 0.18         | 1.31       | 0.24                            | 109.5  | <b>45.54</b>       |
| 11           | 0.11         | 0.90       | 0.10                            | 144.1  | <b>146.26</b>      |
| 12           | 0.14         | 1.14       | 0.16                            | 246.7  | <b>151.59</b>      |
| 13           | 0.15         | 1.29       | 0.20                            | 246.7  | <b>122.58</b>      |
| 14           | 0.13         | 1.26       | 0.17                            | 134.9  | <b>79.13</b>       |
| 15           | 0.26         | 1.22       | 0.32                            | 254.7  | <b>77.66</b>       |
| 16           | 0.12         | 1.21       | 0.14                            | 230.8  | <b>159.48</b>      |
| 17           | 0.14         | 1.17       | 0.16                            | 282.2  | <b>169.39</b>      |
| 18           | 0.19         | 1.28       | 0.25                            | 100.3  | <b>39.72</b>       |
| 19           | 0.14         | 1.23       | 0.18                            | 98.00  | <b>54.64</b>       |
| 20           | 0.14         | 1.02       | 0.15                            | 151.3  | <b>102.03</b>      |
| 21           | 0.13         | 1.28       | 0.17                            | 263.8  | <b>151.96</b>      |
| 22           | 0.17         | 0.99       | 0.17                            | 225.9  | <b>131.23</b>      |
| 23           | 0.17         | 1.23       | 0.21                            | 189.8  | <b>88.80</b>       |
| 24           | 0.23         | 1.16       | 0.27                            | 102    | <b>37.11</b>       |

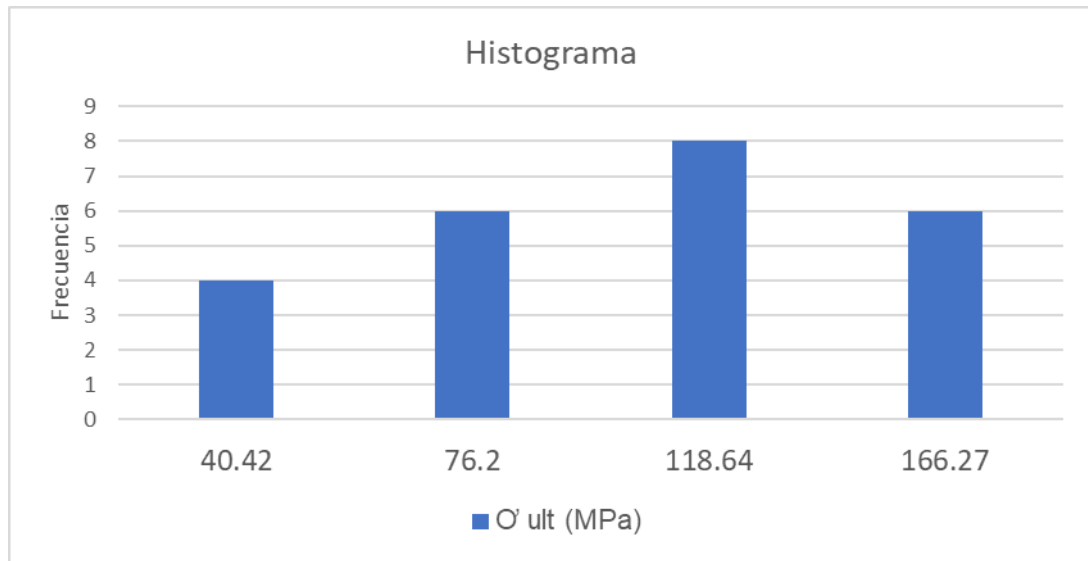
Autora: Andrea Valencia

Tabla 25: Análisis estadístico del esfuerzo último promedio de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado seco.

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| $\sigma$ ult Promedio   | 106.90 MPa |
| Desviación Estándar (S) | 46.27 MPa  |
| Variación               | 0.43       |

Autora: Andrea Valencia

Figura 26: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado húmedo.



Autora: Andrea Valencia

A pesar de separar en dos grupos las tirillas (sin nudo y con nudo), se ve claramente que existe una diferencia de esfuerzos últimos, por esta razón nuevamente se analiza la influencia del área respecto al esfuerzo último y se agrupó en diferentes rangos de áreas con la ayuda de la tabla 24.

Se obtuvo que en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 170,70 MPa; es decir 1740,66 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 26: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo sin nudo y calculó del esfuerzo último en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm2) | P (Kg) | σ ult (MPa)   |
|--------------|--------------|------------|--------------------|--------|---------------|
| 1            | 0.10         | 0.80       | 0.08               | 158.6  | <b>195.15</b> |
| 2            | 0.11         | 0.90       | 0.10               | 144.1  | <b>146.26</b> |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 27: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado húmedo en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup>.

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 170.70 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 34.57 MPa  |
| Variación                 | 0.20       |

Autora: Andrea Valencia

Para un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 109,44 MPa; es decir 1115,98 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 28: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo sin nudo y calculó del esfuerzo último en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.15         | 0.93       | 0.14                            | 148.7  | <b>106.33</b>          |
| 2            | 0.15         | 0.95       | 0.14                            | 101.6  | <b>69.92</b>           |
| 3            | 0.12         | 1.21       | 0.14                            | 230.8  | <b>159.48</b>          |
| 4            | 0.14         | 1.02       | 0.15                            | 151.3  | <b>102.03</b>          |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 29: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado húmedo en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 109.44 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 37.11 MPa  |
| Variación                 | 0.34       |

Autora: Andrea Valencia

Para un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 121,53 MPa; es decir 1239,26 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 30: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo sin nudo y cálculo del esfuerzo último en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Area sección (cm2) | P (Kg) | σ <sup>ult</sup> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|--------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.15         | 1.11       | 0.16               | 144.4  | <b>87.02</b>           |
| 2            | 0.17         | 1.00       | 0.17               | 196.4  | <b>111.33</b>          |
| 3            | 0.15         | 1.11       | 0.16               | 183.2  | <b>110.40</b>          |
| 4            | 0.15         | 1.12       | 0.17               | 298    | <b>170.09</b>          |
| 5            | 0.14         | 1.18       | 0.16               | 196.6  | <b>118.96</b>          |
| 6            | 0.14         | 1.14       | 0.16               | 246.7  | <b>151.59</b>          |
| 7            | 0.15         | 1.29       | 0.20               | 246.7  | <b>122.58</b>          |
| 8            | 0.13         | 1.26       | 0.17               | 134.9  | <b>79.13</b>           |
| 9            | 0.14         | 1.17       | 0.16               | 282.2  | <b>169.39</b>          |
| 10           | 0.14         | 1.23       | 0.18               | 98.00  | <b>54.64</b>           |
| 11           | 0.13         | 1.28       | 0.17               | 263.8  | <b>151.96</b>          |
| 12           | 0.17         | 0.99       | 0.17               | 225.9  | <b>131.23</b>          |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 31: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado húmedo en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup>.

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| σ <sup>ult</sup> Promedio | 121.53 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 36.02 MPa  |
| Variación                 | 0.30       |

Autora: Andrea Valencia

Para un rango de área de 0,20 a 0,25 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 58,02 MPa; es decir 591,64 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 32: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo sin nudo y cálculo del esfuerzo último en un rango de área de 0,20 a 0,25 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm2) | P (Kg) | σ <sup>ult</sup> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|--------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.18         | 1.31       | 0.24               | 109.5  | <b>45.54</b>           |
| 2            | 0.19         | 1.28       | 0.25               | 100.3  | <b>39.72</b>           |
| 3            | 0.17         | 1.23       | 0.21               | 189.8  | <b>88.80</b>           |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 33: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado húmedo en un rango de área de 0,20 a 0,25 cm<sup>2</sup>.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 58.02 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 26.81 MPa |
| Variación                 | 0.46      |

Autora: Andrea Valencia

Para un rango de área de 0,25 a 0,30 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 37,11 MPa; es decir 378,42 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 34: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo sin nudo y cálculo del esfuerzo último en un rango de área de 0,25 a 0,30 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 24           | 0.23         | 1.16       | 0.27                            | 102    | <b>37.11</b>           |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 35: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado húmedo en un rango de área de 0,25 a 0,30 cm<sup>2</sup>.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 37.11 MPa |
|---------------------------|-----------|

Autora: Andrea Valencia

Por último, para un rango de área de 0,30 a 0,35 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 58,48 MPa; es decir 596,33 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 36: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo sin nudo y cálculo del esfuerzo último en un rango de área de 0,30 a 0,35 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 9            | 0.23         | 1.35       | 0.31                            | 122.8  | <b>39.30</b>           |
| 15           | 0.26         | 1.22       | 0.32                            | 254.7  | <b>77.66</b>           |

Autora: Andrea Valencia



Tabla 37: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado húmedo en un rango de área de 0,30 a 0,35 cm<sup>2</sup>.

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| $\sigma_{ult}$ Promedio | 58,48 Mpa |
| Desviación Estandar (S) | 27,12 Mpa |
| Variación               | 0,46      |

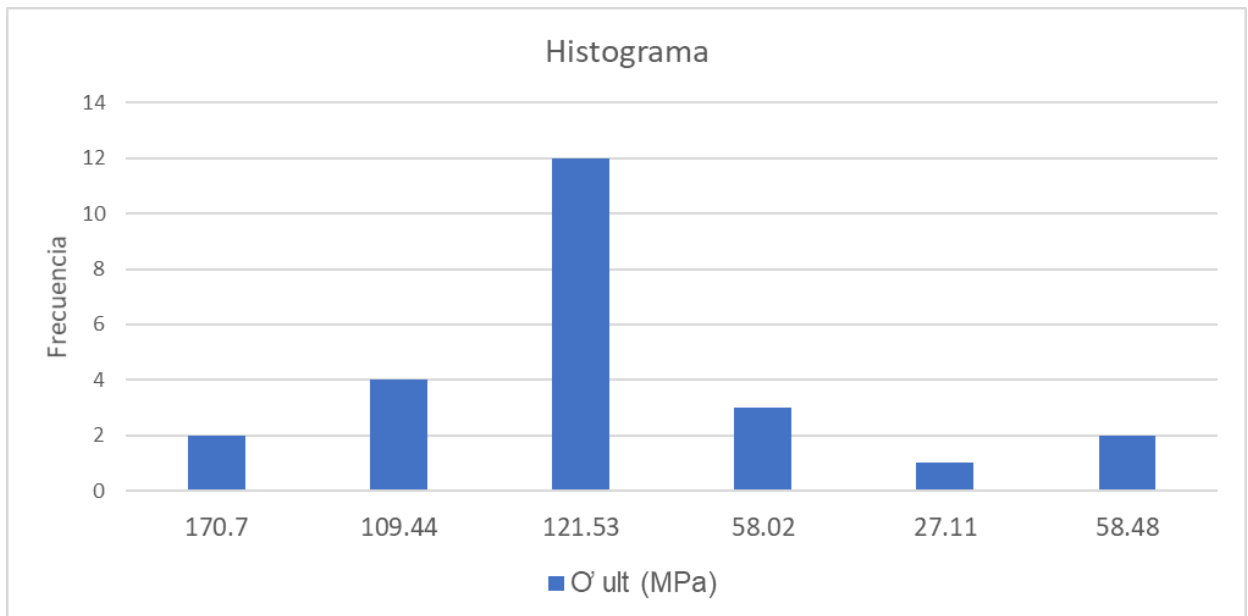
Autora: Andrea Valencia

Tabla 38: Esfuerzos últimos de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado húmedo con los diferentes rangos de área.

| Rango (cm2)             | $\sigma_{ult}$ (MPa) | Frecuencia |
|-------------------------|----------------------|------------|
| Rango (0,05 - 0,10) cm2 | 170.7                | 2          |
| Rango (0,10 - 0,15) cm2 | 109.44               | 4          |
| Rango (0,15 - 0,20) cm2 | 121.53               | 12         |
| Rango (0,20 - 0,25) cm2 | 58.02                | 3          |
| Rango (0,25 - 0,30) cm2 | 27.11                | 1          |
| Rango (0,30 - 0,35) cm2 | 58.48                | 2          |

Autora: Andrea Valencia

Figura 27: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado húmedo con los diferentes rangos de área.



Autora: Andrea Valencia

Por otro lado, también se obtuvo el resultado del esfuerzo último promedio de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado húmedo y dio un resultado de 43,15Mpa; es decir 440 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 39: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo con nudo y cálculo del esfuerzo último.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm2) | P (Kg) | σ <sup>ult</sup> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|--------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.18         | 1.00       | 0.18               | 91.7   | <b>50.66</b>           |
| 2            | 0.12         | 0.98       | 0.12               | 48.7   | <b>41.53</b>           |
| 3            | 0.18         | 1.01       | 0.18               | 87.70  | <b>47.45</b>           |
| 4            | 0.17         | 1.14       | 0.19               | 71.80  | <b>36.24</b>           |
| 5            | 0.14         | 1.06       | 0.15               | 60.20  | <b>39.90</b>           |

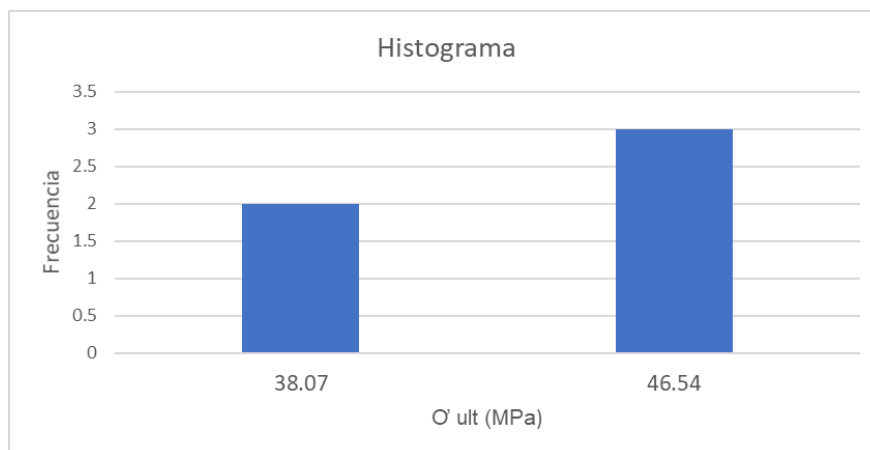
Autora: Andrea Valencia

Tabla 40: Análisis estadístico del esfuerzo último promedio de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado húmedo

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sup>ult</sup> Promedio | 43.15 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 5.83 MPa  |
| Variación                 | 0.14      |

Autora: Andrea Valencia

Figura 28: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado húmedo.



Autora: Andrea Valencia

En los ensayos de tracción a las tirillas de fibras de caña guadúa en estado húmedo con nudo también se procede a separarlas en cada cierto rango de área para conocer su influencia respecto al esfuerzo último con la ayuda de la tabla 39.

Se obtuvo que en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 40,71 MPa; es decir 415,12 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 41: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo con nudo y cálculo del esfuerzo último en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.12         | 0.98       | 0.12                            | 48.7   | <b>41.53</b>           |
| 2            | 0.14         | 1.06       | 0.15                            | 60.20  | <b>39.90</b>           |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 42: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado húmedo en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 40.71 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 1.15 MPa  |
| Variación                 | 0.03      |

Autora: Andrea Valencia

Por último, en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 44,78 MPa; es decir 456,62 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 43: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa en estado húmedo con nudo y cálculo del esfuerzo último en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.18         | 1.00       | 0.18                            | 91.7   | <b>50.66</b>           |
| 2            | 0.18         | 1.01       | 0.18                            | 87.70  | <b>47.45</b>           |
| 3            | 0.17         | 1.14       | 0.19                            | 71.80  | <b>36.24</b>           |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 44: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado húmedo en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup>.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 44.78 MPa |
| Desviación Estandar (S)   | 7.57 MPa  |
| Variación                 | 0.17      |

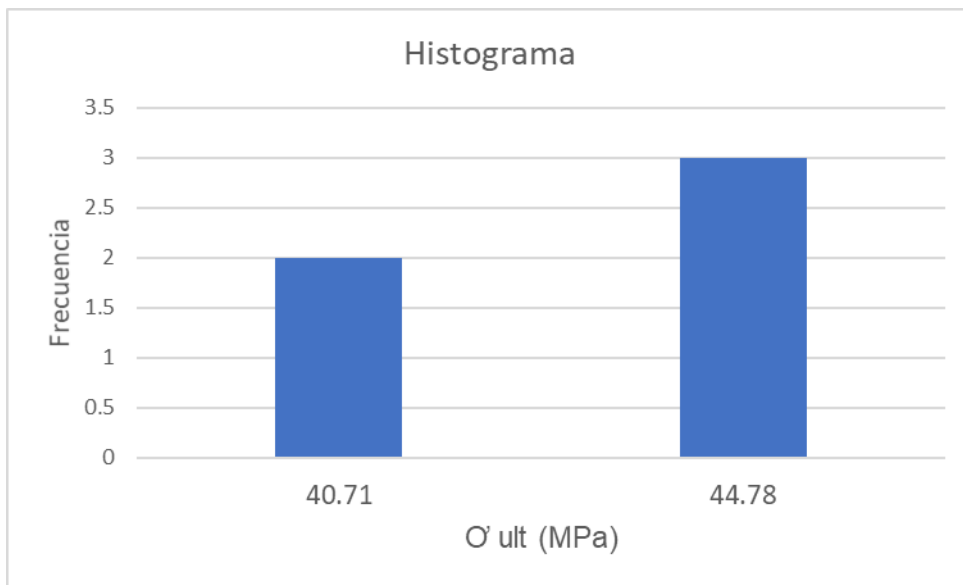
Autora: Andrea Valencia

Tabla 45: Esfuerzos últimos de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo en estado húmedo con nudo para los diferentes rangos de área.

| Rango (cm <sup>2</sup> )            | $\sigma_{ult}$ (MPa) | Frecuencia |
|-------------------------------------|----------------------|------------|
| Rango (0,10 - 0,15) cm <sup>2</sup> | 40.71                | 2          |
| Rango (0,15 - 0,20) cm <sup>2</sup> | 44.78                | 3          |

Autora: Andrea Valencia

Figura 29: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en estado húmedo con los diferentes rangos de área.



Autora: Andrea Valencia

#### 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRAS DE CAÑA GUADÚA CON EPÓXICO EN SUS EXTREMOS PARA MEJORAR EL AGARRE DE LAS FIBRAS DEL MATERIAL.

Basándonos en investigaciones se encontró en uno de ellos la utilización de resina epóxica en los extremos del material para poder tener un mayor agarre de las fibras del material. A continuación, se mostrarán los resultados correspondientes:

Tabla 46: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material y cálculo del esfuerzo último.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | $\sigma$ ult (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|--------------------|
| 1            | 0.12         | 0.94       | 0.11                            | 297    | <b>258.21</b>      |
| 2            | 0.08         | 1.00       | 0.08                            | 244.2  | <b>299.35</b>      |
| 3            | 0.08         | 0.99       | 0.08                            | 101.1  | <b>131.77</b>      |
| 4            | 0.15         | 1.06       | 0.16                            | 116    | <b>71.55</b>       |
| 5            | 0.11         | 0.86       | 0.09                            | 277.2  | <b>287.36</b>      |
| 6            | 0.11         | 0.89       | 0.10                            | 137.6  | <b>137.84</b>      |
| 7            | 0.13         | 1.02       | 0.13                            | 119.2  | <b>88.16</b>       |
| 8            | 0.16         | 1.05       | 0.17                            | 136.8  | <b>79.86</b>       |
| 9            | 0.15         | 0.93       | 0.14                            | 123    | <b>86.47</b>       |
| 10           | 0.14         | 0.96       | 0.13                            | 182.5  | <b>133.17</b>      |
| 11           | 0.14         | 0.97       | 0.14                            | 193.3  | <b>139.59</b>      |
| 12           | 0.09         | 0.92       | 0.08                            | 180.2  | <b>213.43</b>      |
| 13           | 0.19         | 1.06       | 0.20                            | 116.5  | <b>56.73</b>       |
| 14           | 0.18         | 0.94       | 0.17                            | 106    | <b>61.44</b>       |
| 15           | 0.12         | 1.03       | 0.12                            | 92.2   | <b>73.15</b>       |
| 16           | 0.15         | 1.01       | 0.15                            | 235.4  | <b>152.38</b>      |
| 17           | 0.15         | 0.92       | 0.14                            | 138.6  | <b>98.49</b>       |
| 18           | 0.11         | 0.92       | 0.10                            | 164.6  | <b>159.51</b>      |
| 19           | 0.12         | 1.02       | 0.12                            | 107.7  | <b>86.29</b>       |

Autora: Andrea Valencia

Haciendo análisis de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material se obtuvo un esfuerzo último promedio de 137,62 MPa; es decir 1399 ,66 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 47: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| $\sigma$ ult Promedio   | 137.62 MPa |
| Desviación Estándar (S) | 75.67 MPa  |
| Variación               | 0.55       |

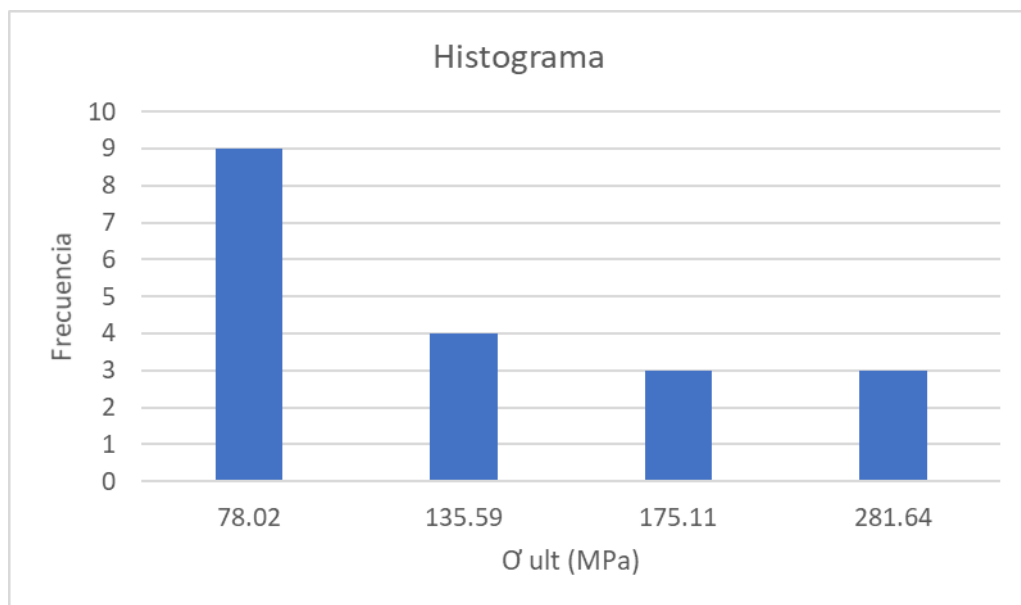
Autora: Andrea Valencia

Tabla 48: Esfuerzos últimos de las tirillas de fibra de caña guadúa con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material.

| Rango de $\sigma_{ult}$ | $\sigma_{ult}$ (MPa) | Frecuencia |
|-------------------------|----------------------|------------|
| Rango (50 - 100)        | 78,02                | 9          |
| Rango (100 - 150)       | 135,59               | 4          |
| Rango (150 - 200)       | 175,11               | 3          |
| Rango (250 - 300)       | 281,64               | 3          |

Autora: Andrea Valencia

Figura 30: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material.



Autora: Andrea Valencia

Como los ensayos mencionados anteriormente, en esta sección también se analizó las tirillas de fibra de caña guadúa con y sin nudo.

De los ensayos de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material se obtuvo un esfuerzo de 191,26 MPa; es decir 1950,31 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 49: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material y cálculo del esfuerzo último.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | $\sigma$ ult (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|--------------------|
| 1            | 0.12         | 0.94       | 0.11                            | 297    | <b>258.21</b>      |
| 2            | 0.08         | 1.00       | 0.08                            | 244.2  | <b>299.35</b>      |
| 3            | 0.08         | 0.99       | 0.08                            | 101.1  | <b>131.77</b>      |
| 4            | 0.11         | 0.86       | 0.09                            | 277.2  | <b>287.36</b>      |
| 5            | 0.11         | 0.89       | 0.10                            | 137.6  | <b>137.84</b>      |
| 6            | 0.14         | 0.96       | 0.13                            | 182.5  | <b>133.17</b>      |
| 7            | 0.14         | 0.97       | 0.14                            | 193.3  | <b>139.59</b>      |
| 8            | 0.09         | 0.92       | 0.08                            | 180.2  | <b>213.43</b>      |
| 9            | 0.15         | 1.01       | 0.15                            | 235.4  | <b>152.38</b>      |
| 10           | 0.11         | 0.92       | 0.10                            | 164.6  | <b>159.51</b>      |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 50: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material.

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| $\sigma$ ult Promedio   | 191.26 MPa |
| Desviación Estándar (S) | 67.37 MPa  |
| Variación               | 0.35       |

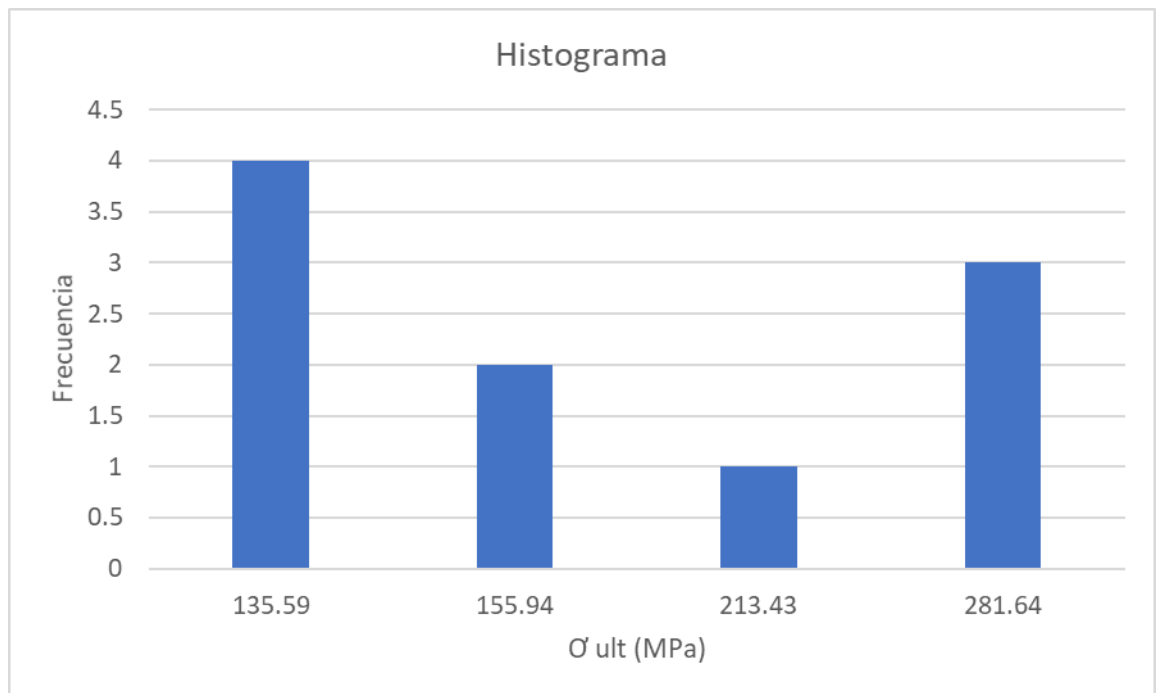
Autora: Andrea Valencia

Tabla 51: Esfuerzos últimos de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material.

| Rango de $\sigma$ ult | $\sigma$ ult (MPa) | Frecuencia |
|-----------------------|--------------------|------------|
| Rango (100 - 150)     | 135,59             | 4          |
| Rango (150 - 200)     | 155,94             | 2          |
| Rango (200 - 250)     | 213,43             | 1          |
| Rango (250 - 300)     | 281,64             | 3          |

Autora: Andrea Valencia

Figura 31: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material.



Autora: Andrea Valencia

Por la diferencia de esfuerzos a pesar de agrupar las tirillas sin nudo, se prosigue a conocer si el área tiene influencia respecto a los esfuerzos.

Se obtuvo que en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 204,88 MPa; es decir 2089,19 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 52: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material y cálculo del esfuerzo último en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ ult (MPa)   |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|---------------|
| 1            | 0.08         | 1.00       | 0.08                            | 244.2  | <b>299.35</b> |
| 2            | 0.08         | 0.99       | 0.08                            | 101.1  | <b>131.77</b> |
| 3            | 0.11         | 0.86       | 0.09                            | 277.2  | <b>287.36</b> |
| 9            | 0.11         | 0.89       | 0.10                            | 137.6  | <b>137.84</b> |
| 4            | 0.09         | 0.92       | 0.08                            | 180.2  | <b>213.43</b> |
| 5            | 0.11         | 0.92       | 0.10                            | 164.6  | <b>159.51</b> |

Autora: Andrea Valencia



Tabla 53: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material en un rango de área de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup>.

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 204.88 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 74.43 MPa  |
| Variación                 | 0.36       |

Autora: Andrea Valencia

Por último, en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 170,84 MPa; es decir 1742,08 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 54: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.12         | 0.94       | 0.11                            | 297    | <b>258.21</b>          |
| 2            | 0.14         | 0.96       | 0.13                            | 182.5  | <b>133.17</b>          |
| 3            | 0.14         | 0.97       | 0.14                            | 193.3  | <b>139.59</b>          |
| 4            | 0.15         | 1.01       | 0.15                            | 235.4  | <b>152.38</b>          |

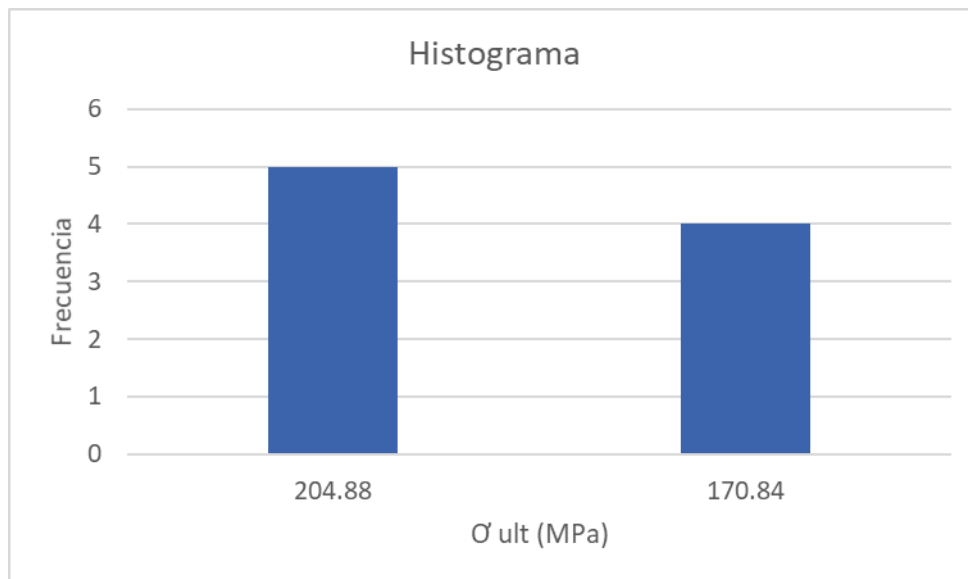
Autora: Andrea Valencia

Tabla 55: Esfuerzos últimos de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo con epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material con los diferentes rangos de área.

| Rango de áreas (cm <sup>2</sup> )   | σ <sub>ult</sub> (MPa) | Frecuencia |
|-------------------------------------|------------------------|------------|
| Rango (0,05 - 0,10) cm <sup>2</sup> | 204.88                 | 5          |
| Rango (0,10 - 0,15) cm <sup>2</sup> | 170.84                 | 4          |

Autora: Andrea Valencia

Figura 32: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa sin nudo en sus extremos con epóxico para mejorar el agarre de las fibras del material con los diferentes rangos de área.



Autora: Andrea Valencia

Por otro lado, las fibras que tienen nudo a pesar de que tuvieron epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material, su ruptura fue en el nudo, pero a diferencia de los ensayos de tracción sin epóxico se logró tener mejores esfuerzos últimos de la fibra, para ser más específicos se obtuvo un esfuerzo último promedio de 78,01 MPa; es decir 795,48 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 56: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa con nudo ,epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material y cálculo del esfuerzo último.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm <sup>2</sup> ) | P (Kg) | σ ult (MPa)  |
|--------------|--------------|------------|---------------------------------|--------|--------------|
| 1            | 0.15         | 1.06       | 0.16                            | 116    | <b>71.55</b> |
| 2            | 0.13         | 1.02       | 0.13                            | 119.2  | <b>88.16</b> |
| 3            | 0.16         | 1.05       | 0.17                            | 136.8  | <b>79.86</b> |
| 4            | 0.15         | 0.93       | 0.14                            | 123    | <b>86.47</b> |
| 5            | 0.19         | 1.06       | 0.20                            | 116.5  | <b>56.73</b> |
| 6            | 0.18         | 0.94       | 0.17                            | 106    | <b>61.44</b> |
| 7            | 0.12         | 1.03       | 0.12                            | 92.2   | <b>73.15</b> |
| 8            | 0.15         | 0.92       | 0.14                            | 138.6  | <b>98.49</b> |
| 9            | 0.12         | 1.02       | 0.12                            | 107.7  | <b>86.29</b> |

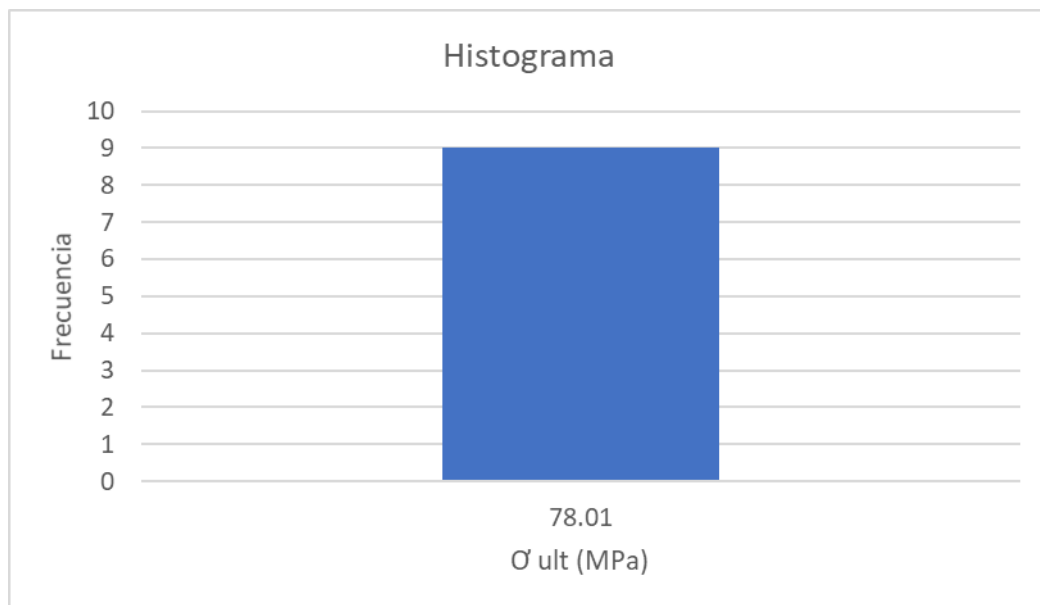
Autora: Andrea Valencia

Tabla 57: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo, epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material.

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| $\sigma_{ult}$ Promedio | 78.01 MPa |
| Desviación Estándar (S) | 13.50 MPa |
| Variación               | 0.17      |

Autora: Andrea Valencia

Figura 33: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo, epóxico en sus extremos para mejorar el agarre de las fibras del material.



Autora: Andrea Valencia

Luego de este análisis se desea conocer la influencia del área respecto al esfuerzo de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo con epóxico. Se agrupo en rangos de área especificados a continuación.

Se obtuvo que en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 86,51MPa; es decir 882,16 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 58: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa con nudo, epóxico en sus extremos y cálculo del esfuerzo último en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm2) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|--------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.13         | 1.02       | 0.13               | 119.2  | <b>88.16</b>           |
| 2            | 0.15         | 0.93       | 0.14               | 123    | <b>86.47</b>           |
| 3            | 0.12         | 1.03       | 0.12               | 92.2   | <b>73.15</b>           |
| 4            | 0.15         | 0.92       | 0.14               | 138.6  | <b>98.49</b>           |
| 5            | 0.12         | 1.02       | 0.12               | 107.7  | <b>86.29</b>           |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 59: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo, epóxico en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 86.51 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 9.01 MPa  |
| Variación                 | 0.10      |

Autora: Andrea Valencia

Por último, en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup> el esfuerzo último promedio se estima en un valor de 67,39 MPa; es decir 687,19 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 60: Muestras de los resultados de los ensayos de tracción de tirillas de fibra de caña guadúa con nudo, epóxico en sus extremos y cálculo del esfuerzo último en un rango de área de 0,15 a 0,20 cm<sup>2</sup>.

| Tirillas (n) | Espesor (cm) | Ancho (cm) | Área sección (cm2) | P (Kg) | σ <sub>ult</sub> (MPa) |
|--------------|--------------|------------|--------------------|--------|------------------------|
| 1            | 0.15         | 1.06       | 0.16               | 116    | <b>71.55</b>           |
| 2            | 0.16         | 1.05       | 0.17               | 136.8  | <b>79.86</b>           |
| 3            | 0.19         | 1.06       | 0.20               | 116.5  | <b>56.73</b>           |
| 4            | 0.18         | 0.94       | 0.17               | 106    | <b>61.44</b>           |

Autora: Andrea Valencia

Tabla 61: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo, epóxico en un rango de área de 0,10 a 0,15 cm<sup>2</sup>.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| σ <sub>ult</sub> Promedio | 67.39 MPa |
| Desviación Estándar (S)   | 10.36 MPa |
| Variación                 | 0.15      |

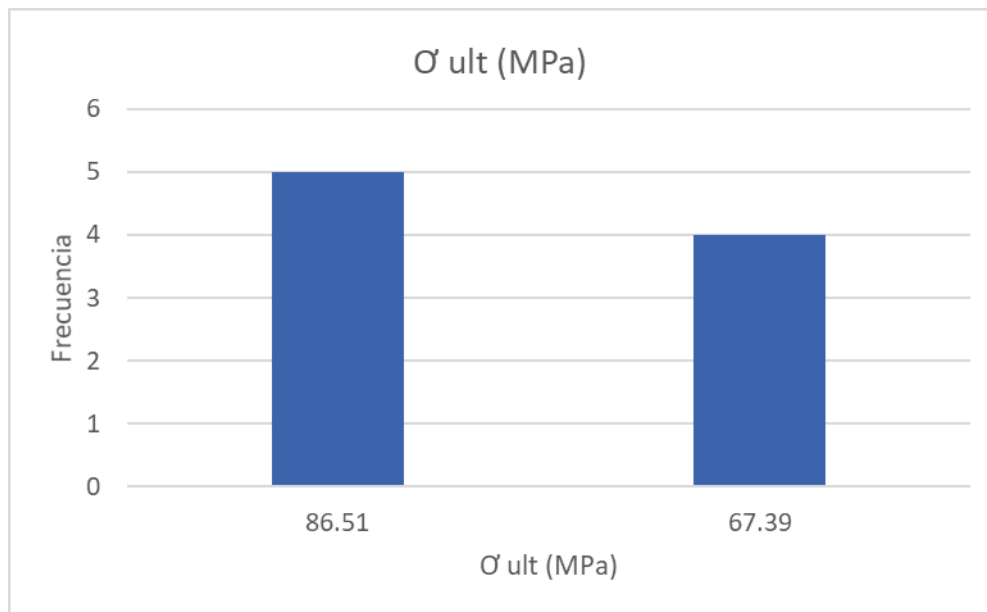
Autora: Andrea Valencia

Tabla 62: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo, epóxico con sus diferentes rangos de área.

| Rango de áreas (cm <sup>2</sup> )   | $\sigma_{ult}$ (MPa) | Frecuencia |
|-------------------------------------|----------------------|------------|
| Rango (0,10 - 0,15) cm <sup>2</sup> | 86.51                | 5          |
| Rango (0,15 - 0,20) cm <sup>2</sup> | 67.39                | 4          |

Autora: Andrea Valencia

Figura 34: Análisis estadístico del esfuerzo último de las tirillas de fibra de caña guadúa con nudo, epóxico en sus extremos con sus diferentes rangos de área.



Autora: Andrea Valencia

Figura 35: Comparación de los ensayos de tracción

| <b>Esfuerzos últimos</b>   |            |   |                   |   |   |
|----------------------------|------------|---|-------------------|---|---|
| <b>Sin resina</b>          |            |   | <b>Con resina</b> |   |   |
| Estado seco<br>107.96 MPa  | con nudo   | áreas efectivas<br>(0.10 - 0.15 cm <sup>2</sup> ) | 137.62 MPa        | con nudo  | áreas efectivas<br>(0.10 - 0.15 cm <sup>2</sup> ) |
|                            | 39.87 MPa  | 51.63 MPa   |                   | 78.01 MPa   | 86.51 MPa   |
| sin nudo                   | 149.17 MPa | sin nudo  |                   | áreas efectivas<br>(0.05 - 0.10 cm <sup>2</sup> ) |   |
| 142.01 MPa                 | 44.78 MPa  | 191.26 MPa  |                   | 204.88 MPa  |   |
| Estado húmedo<br>93.38 MPa | con nudo   | áreas efectivas<br>(0.15 - 0.20 cm <sup>2</sup> ) |                   | sin nudo  | áreas efectivas<br>(0.05 - 0.10 cm <sup>2</sup> ) |
|                            | 43.15 MPa  | 121.53 MPa  |                   |   |   |
|                            | sin nudo   |   |                   |   |   |
|                            | 106.90 MPa |   |                   |   |   |

Autora: Andrea Valencia

#### 4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN DE TIRILLAS DE FIBRAS DE CAÑA GUADÚA.

Con este ensayo se observará el porcentaje de absorción retenido en las tirillas de fibra de caña guadúa.

Tabla 63: Muestras de los resultados de los ensayos de absorción de tirillas de fibra de caña guadúa.

| # tirilla | ancho | espesor | área | peso saturado (gr) | peso seco (gr) | absorción (%) |
|-----------|-------|---------|------|--------------------|----------------|---------------|
| 1         | 0,91  | 0,16    | 0,15 | 1,427              | 0,409          | 248,90        |
| 2         | 0,97  | 0,14    | 0,14 | 1,491              | 0,460          | 224,13        |
| 3         | 0,94  | 0,15    | 0,14 | 1,858              | 0,435          | 327,13        |
| 4         | 1,01  | 0,10    | 0,10 | 1,354              | 0,386          | 250,78        |
| 5         | 0,96  | 0,20    | 0,19 | 2,119              | 0,556          | 281,12        |
| 6         | 0,96  | 0,16    | 0,15 | 1,175              | 0,266          | 341,73        |
| 7         | 0,96  | 0,16    | 0,15 | 1,796              | 0,461          | 289,59        |
| 8         | 0,98  | 1,00    | 0,98 | 1,071              | 0,561          | 90,91         |
| 9         | 1,05  | 0,15    | 0,16 | 1,070              | 0,547          | 95,61         |
| 10        | 1,03  | 0,15    | 0,15 | 0,930              | 0,598          | 55,52         |
| 11        | 0,98  | 1,00    | 0,98 | 1,831              | 0,548          | 234,12        |
| 12        | 1,00  | 0,13    | 0,13 | 2,076              | 0,504          | 311,90        |
| 13        | 1,02  | 0,13    | 0,13 | 1,698              | 0,420          | 304,29        |
| 14        | 0,98  | 0,13    | 0,13 | 1,784              | 1,033          | 72,70         |
| 15        | 1,05  | 0,11    | 0,12 | 0,933              | 0,538          | 73,42         |
| 16        | 0,86  | 0,12    | 0,10 | 0,945              | 0,555          | 70,27         |
| 17        | 0,89  | 0,14    | 0,12 | 1,205              | 0,693          | 73,88         |
| 18        | 1,03  | 0,11    | 0,11 | 1,740              | 0,420          | 314,29        |
| 19        | 1,06  | 0,13    | 0,14 | 1,008              | 0,373          | 170,24        |
| 20        | 0,86  | 0,12    | 0,10 | 1,000              | 0,575          | 73,91         |
| 21        | 0,99  | 0,15    | 0,15 | 1,018              | 0,591          | 72,25         |
| 22        | 0,90  | 0,13    | 0,12 | 1,268              | 0,645          | 96,59         |
| 23        | 0,93  | 0,16    | 0,15 | 0,966              | 0,600          | 61,00         |
| 24        | 0,86  | 0,12    | 0,10 | 1,314              | 0,760          | 72,89         |
| 25        | 0,91  | 0,14    | 0,13 | 1,802              | 0,440          | 309,55        |
| 26        | 0,95  | 0,16    | 0,15 | 0,832              | 0,545          | 52,66         |
| 27        | 0,91  | 0,16    | 0,15 | 1,178              | 0,634          | 85,80         |
| 28        | 0,99  | 0,12    | 0,12 | 1,253              | 0,674          | 85,91         |
| 29        | 0,98  | 0,13    | 0,13 | 0,849              | 0,562          | 51,07         |
| 30        | 1,02  | 0,14    | 0,14 | 0,942              | 0,615          | 53,17         |

Autora: Andrea Valencia

Al realizar los ensayos se obtuvo un porcentaje alto de absorción de la fibra y está dado por un valor de 161,51% lo que nos indica que la fibra es muy permeable.

Tabla 64: Análisis estadístico del ensayo de absorción de las tirillas de fibra de caña guadúa.

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| % Absorción promedio    | 161.51 % |
| Desviación Estándar (S) | 108.44 % |
| Variación               | 0.67     |

Autora: Andrea Valencia

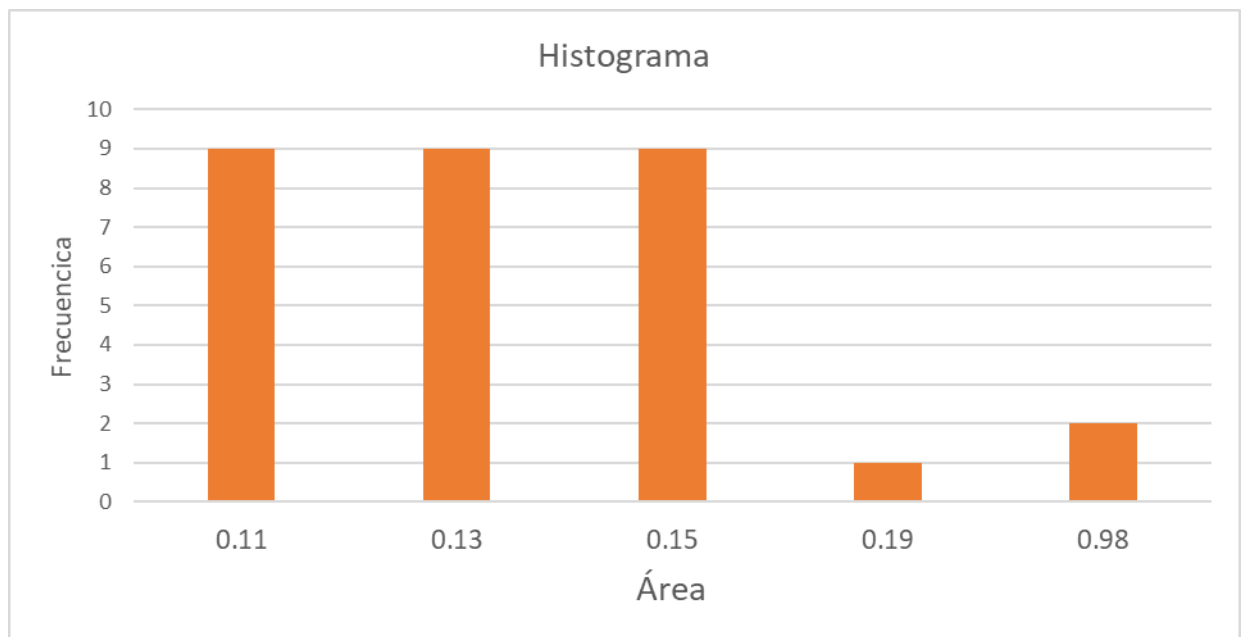
De acuerdo a la tabla 63 se tiene un alto porcentaje de absorción, por lo que se decidió establecer si el área influye respecto al contenido de agua de la fibra.

Tabla 65: Porcentajes de absorción de las tirillas de fibra de caña guadúa con diferentes rangos de áreas.

| Rango de áreas (cm2)    | Área | Frecuencia |
|-------------------------|------|------------|
| Rango (0,10 - 0,12) cm2 | 0.11 | 9          |
| Rango (0,12 - 0,14) cm2 | 0.13 | 9          |
| Rango (0,14 - 0,16) cm2 | 0.15 | 9          |
| Rango (0,18 - 0,20) cm2 | 0.19 | 1          |
| Rango (0,90 - 1,00) cm2 | 0.98 | 2          |

Autora: Andrea Valencia

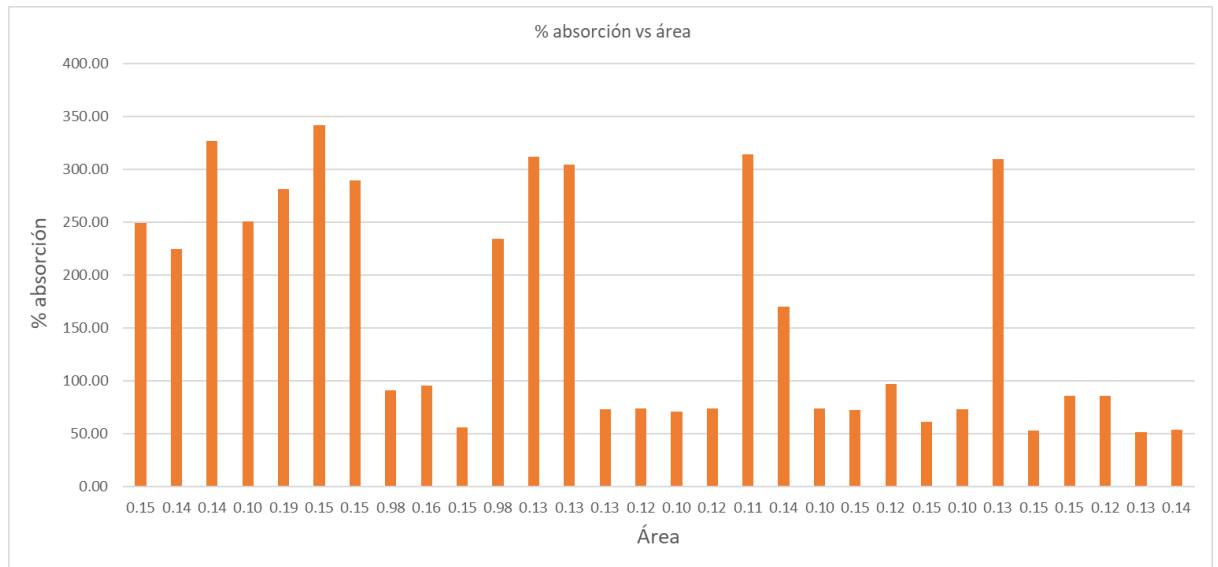
Figura 36: Análisis estadístico del porcentaje de absorción de las tirillas de fibra de caña guadúa con los diferentes rangos de área.



Autora: Andrea Valencia

En esta gráfica se determina que la mayoría de las fibras ensayadas están en un rango de área entre 0,11- 0,15 cm<sup>2</sup>

Figura 37: Análisis estadístico del porcentaje de absorción vs área de las tirillas de fibra de caña guadúa.



Autora: Andrea Valencia

Al analizar en la figura 37 el rango de áreas respecto al porcentaje de absorción, resultó que no tiene influencia dicha propiedad en las tirillas de fibra de caña guadúa, ya que tenemos áreas iguales con una gran diferencia de % de retención de agua.

Se puede apreciar que tenemos una tendencia marcada en valores de % de absorción, se tiene valores menores al 100 % y otros por encima del 200 %, lo que es muy interesante por lo que se realizará un análisis por separado con estos % de absorción de la fibra.



Tabla 66: Porcentajes de absorción menores al 100% de las tirillas de fibra de caña guadúa.

Rango de absorción de 0 -100 %

| área | % absorción |
|------|-------------|
| 0.10 | 70.27       |
| 0.10 | 73.91       |
| 0.10 | 72.89       |
| 0.12 | 73.42       |
| 0.12 | 96.59       |
| 0.12 | 85.91       |
| 0.12 | 73.88       |
| 0.13 | 72.70       |
| 0.13 | 51.07       |
| 0.14 | 53.17       |
| 0.15 | 85.80       |
| 0.15 | 72.25       |
| 0.15 | 61.00       |
| 0.15 | 52.66       |
| 0.15 | 55.52       |
| 0.16 | 95.61       |
| 0.98 | 90.91       |

Autora: Andrea Valencia

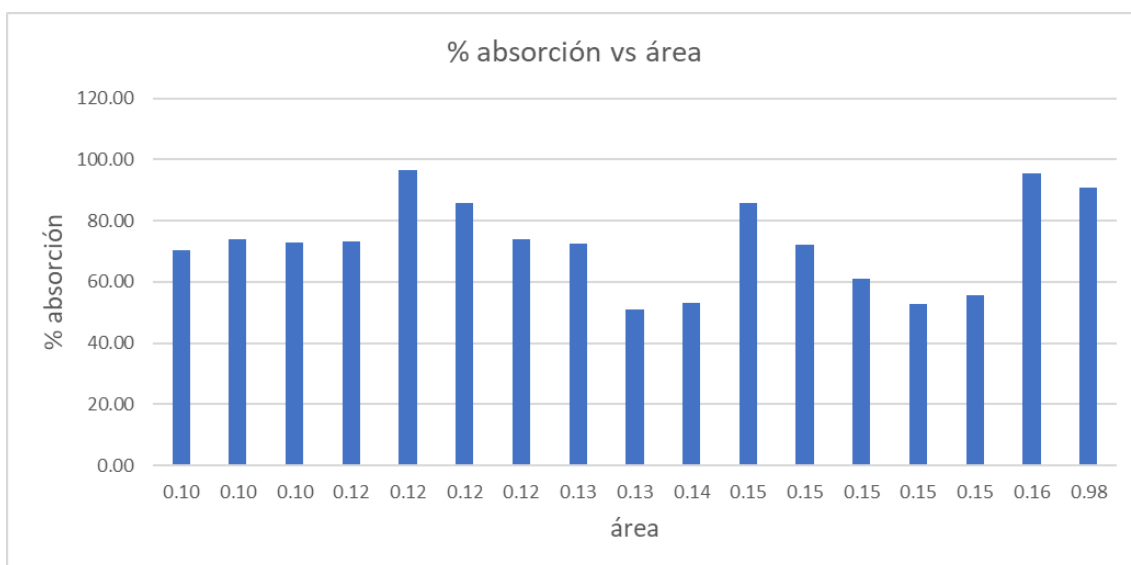
Al separar los valores de % de absorción menores al 100 % tenemos un valor promedio del 72,80 %

Tabla 67: Análisis estadístico del porcentaje de absorción promedio de las tirillas de fibra de caña guadúa menores del 100%

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| % Absorción promedio    | 72.80 % |
| Desviación Estándar (S) | 14.72 % |
| Variación               | 0.20    |

Autora: Andrea Valencia

Figura 38: Análisis estadístico del porcentaje de absorción promedio de las tirillas de fibra de caña guadúa menores del 100%



Autora: Andrea Valencia

Por otro lado, tenemos valores de % de absorción por encima de 200 % y nos da un promedio de 286,46 %.

Tabla 68: Porcentajes de absorción mayores al 200% de las tirillas de fibra de caña guadúa.

Rango de absorción de 200 -350 %

| área | absorción (%) | peso seco (gr) |
|------|---------------|----------------|
| 0.10 | 250.78        | 0.386          |
| 0.11 | 314.29        | 0.42           |
| 0.13 | 309.55        | 0.44           |
| 0.13 | 311.90        | 0.504          |
| 0.13 | 304.29        | 0.42           |
| 0.14 | 224.13        | 0.46           |
| 0.14 | 327.13        | 0.435          |
| 0.15 | 248.90        | 0.409          |
| 0.15 | 341.73        | 0.266          |
| 0.15 | 289.59        | 0.461          |
| 0.19 | 281.12        | 0.556          |
| 0.98 | 234.12        | 0.548          |

Autora: Andrea Valencia

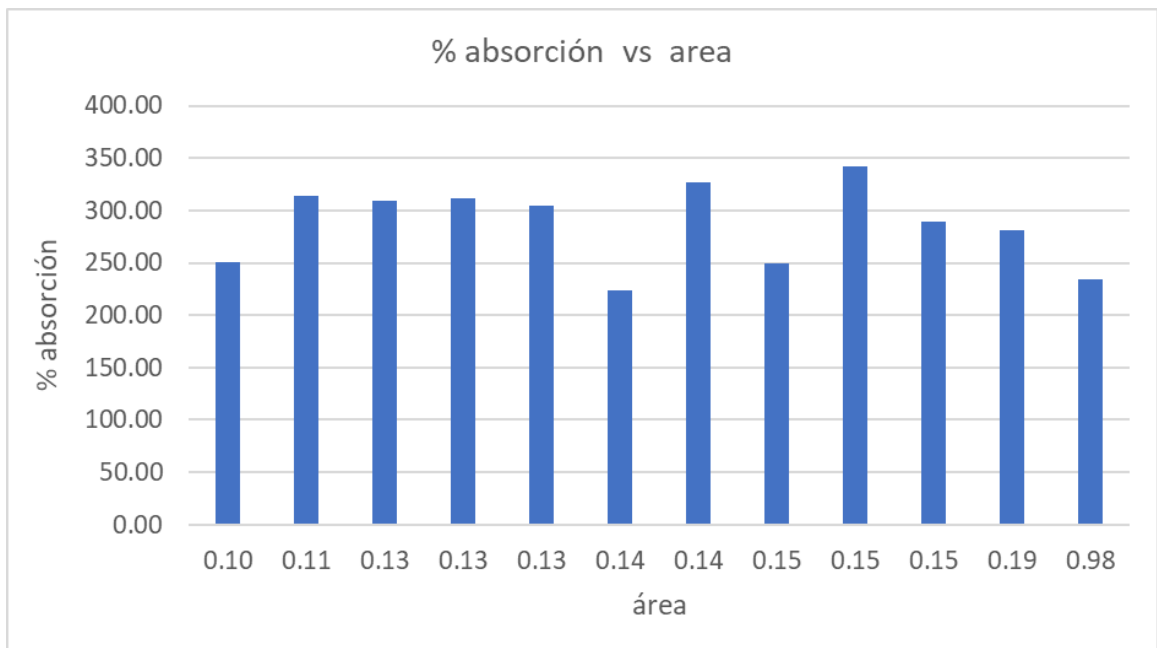
Podemos ver en la tabla 68 que cuando tenemos valores de peso seco menores a 0,55gr, el porcentaje de absorción empieza a variar con valores mayores al 200%, lo que quiere decir que existe una relación que existe entre el peso seco y el porcentaje de absorción,

Tabla 69: Análisis estadístico del porcentaje de absorción promedio de las tirillas de fibra de caña guadúa mayores al 200%

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| % Absorción promedio    | 286.46 % |
| Desviación Estándar (S) | 38.53 %  |
| Variación               | 0.13     |

Autora: Andrea Valencia

Figura 39: Análisis estadístico del porcentaje de absorción promedio de las tirillas de fibra de caña guadúa mayores al 200%



Autora: Andrea Valencia

#### 4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL MATERIAL.

Se obtuvo las curvas esfuerzo-deformación unitaria de tres muestras sometidas a tensión paralela a la fibra; de estas curvas podemos concluir que la caña guadúa sometida a tensión paralela a la fibra no tiene fluencia, por lo tanto, tiene una falla frágil.

Tabla 70: Cálculo del módulo de elasticidad de caña guadúa sometida a tensión paralela a la fibra.

| Fibras | $\sigma_{ult}$ (MPa) | $\mu\epsilon$ | Modulo de elasticidad E (GPa) |
|--------|----------------------|---------------|-------------------------------|
| 1      | 25,44                | 0,002842      | 8,95                          |
| 2      | 132,39               | 0,005312      | 24,92                         |
| 3      | 67,12                | 0,003817      | 17,58                         |

Autora: Andrea Valencia

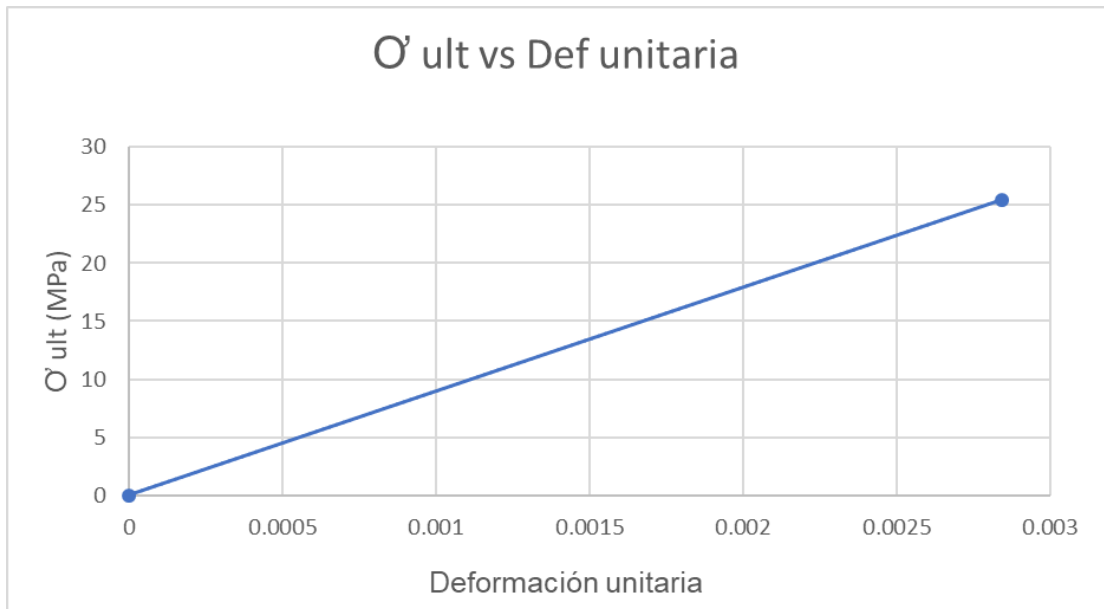
Tabla 71: Análisis estadístico del módulo de elasticidad de tirillas de fibra de caña guadúa de tensión paralela a la fibra.

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| E promedio              | 17.15 GPa |
| Desviación Estándar (S) | 7.99 GPa  |
| Variación               | 0.47      |

Autora: Andrea Valencia

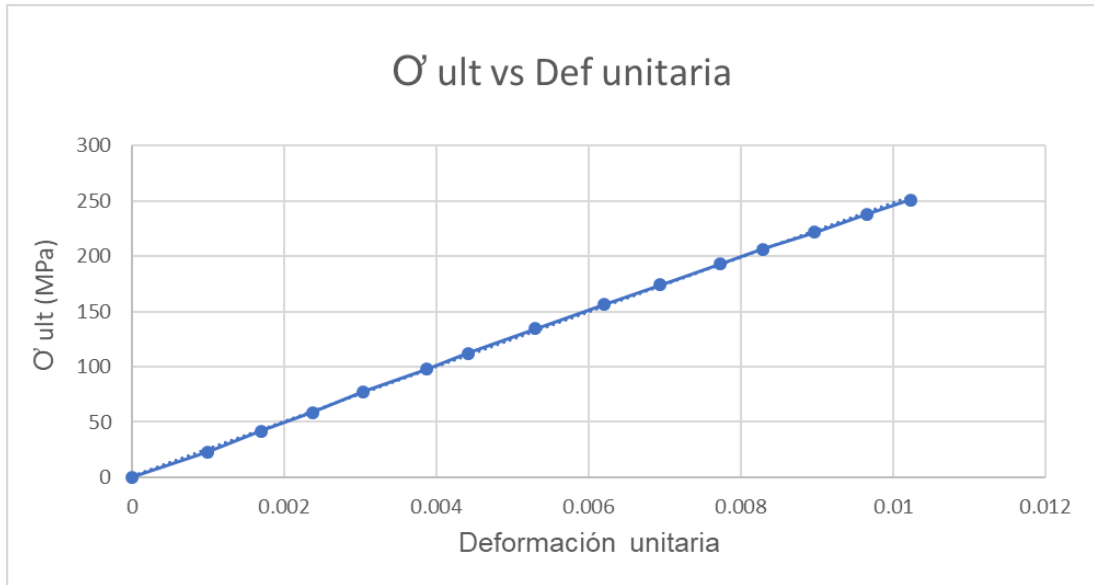
Se muestran en las siguientes gráficas las respectivas curvas esfuerzo-deformación unitaria del material, se puede apreciar en la fig. 40 que existe una falla frágil ya que al momento de ejercer una fuerza en el material para medir su deformación esta rompió inmediatamente, así mismo en la fig. 41 la tirilla soporto más esfuerzos por tal motivo obtuvimos algunos puntos para graficar y tenemos una gráfica lineal hasta llegar a su punto de ruptura. Por último, en la fig. 42 podemos ver como a una deformación de 50 MPa se deforma 0.0021 y cuando se aumenta en un esfuerzo de 20 MPa está sola aumenta a una deformación de 0.005 al seguir aumentado una fuerza de 30 MPa esta llega a una deformación de 0.0051 hasta llegar a su punto de falla.

Figura 40: Curva del esfuerzo de tensión paralela a la fibra vs. la deformación unitaria de la fibra 1.



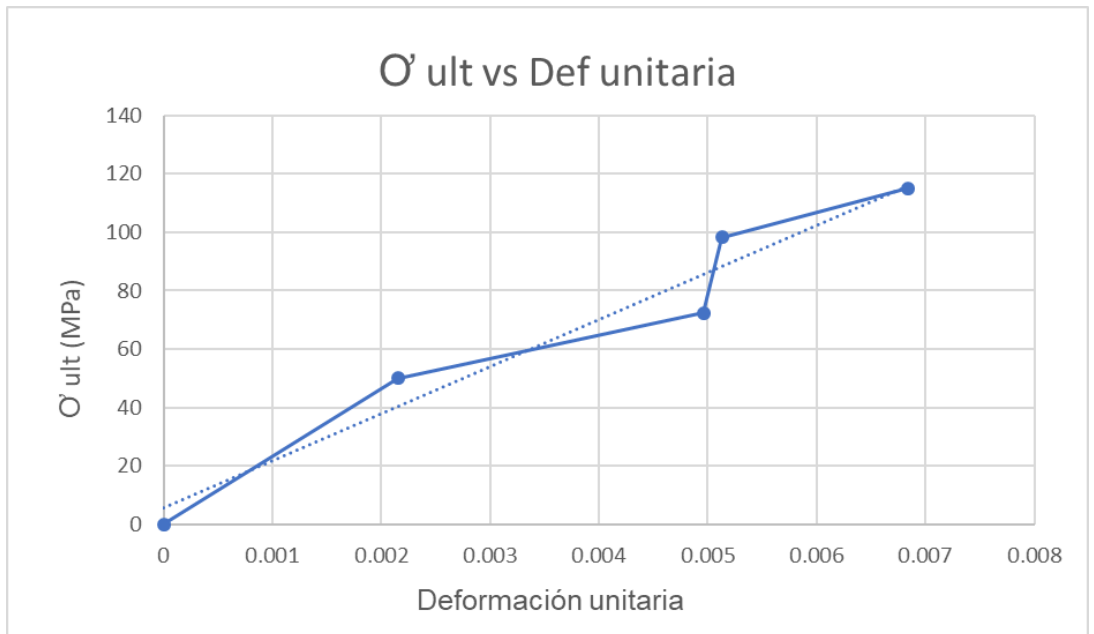
Autora: Andrea Valencia

Figura 41: Curva del esfuerzo de tensión paralela a la fibra vs. la deformación unitaria de la fibra 2.



Autora: Andrea Valencia

Figura 42: Curva del esfuerzo de tensión paralela a la fibra vs. la deformación unitaria de la fibra 3.



Autora: Andrea Valencia

## CAPITULO 5

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

1) Del análisis realizado a las propiedades mecánicas de las tirillas de fibra de caña guadúa se establece que el esfuerzo último a tracción al que puede estar sometida la fibra en estado seco es de 107,96 MPa. Sin embargo, al utilizar el epóxico notamos un incremento del 22% de su esfuerzo original. Luego, al comparar las tirillas en estado seco referente con su estado húmedo, se observa en el estado húmedo una disminución del 14% de esfuerzo.

2) Al procesar los datos obtenidos se pudo observar que los coeficientes de variación de los resultados de todas las condiciones analizadas mostraban valores altos por encima del 55%. Por este motivo, se subdividieron las tirillas en grupos según su forma, con nudo y sin nudo, de tal manera que dichos coeficientes de variación de los grupos presentasen valores menores. Consecuentemente al agrupar las tirillas los coeficientes de variación para las condiciones tanto sin nudo y con nudo descendieron a valores cercanos al 35%. Para las tirillas sin nudo en estado seco su esfuerzo último a tracción es de 142,01MPa, de igual manera para su estado húmedo se presentó una reducción del 25%. Después, al aplicar epóxico el valor obtenido presenta un incremento del 35% en comparación al estado seco. Sin embargo, para las tirillas con nudos los valores de esfuerzo obtenidos son considerablemente inferiores, mostrando una reducción de más del 50% para todos los casos.

3) Al notar la reincidente dispersión de datos se volvió a subdividir las tirillas según su área, de tal modo que el coeficiente de variación alcanzó porcentajes aceptables alrededor de 25. Para las tirillas sin nudo en estado seco y sin nudo con epóxico el área óptima donde se presentaron los mejores resultados es la misma, establecida en un rango de 0,05 a 0,10 cm<sup>2</sup>. Sin embargo, al analizar las tirillas con nudo de dichas condiciones el área óptima necesaria para alcanzar esfuerzos máximos es superior. De igual manera, al evaluar el estado húmedo para ambas formas de tirillas el área óptima necesaria es aún mayor. Con respecto a los esfuerzos obtenidos en estos subgrupos la tendencia es muy similar a la previamente establecida.

4) Al evaluar el porcentaje de absorción de agua retenida en las fibras de caña guadúa se presentan dos tendencias, la primera establece valores menores de 100% y, por otro lado, la segunda presenta valores mayores de 200%. Esta marcada diferencia de absorción puede deberse al tiempo de maduración de la planta al momento de ser cortada.

5) Los ensayos demostraron la existencia de módulos constantes, lineales. El tipo de falla observada es una falla frágil por lo que se entiende que no existe fluencia, los diferentes valores de los módulos obtenidos demuestran la dependencia de otros factores como edad, corte de la caña guadúa.

6) A partir de los resultados obtenidos se establece que las tirillas sin nudo cumplen con las condiciones requeridas para alcanzar esfuerzos máximos a tracción, por lo que podrían presentar características óptimas para un correcto desempeño al utilizar este tipo de fibras en mampostería como refuerzo estructural.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

1) Ya que las tirillas de fibra de caña guadúa tienden a absorber porcentajes altos de agua, se recomienda realizar ensayos a cañas jóvenes y maduras para a partir de la comparación determinar la influencia de la edad de la planta en su absorción.

2) Buscar un tratamiento que permita impermeabilizar la fibra y posteriormente realizar los ensayos descritos.

3) Hacer más ensayos para determinar el módulo de elasticidad con mayor exactitud, tomando en cuenta los factores de corte y edad de la caña.



## 6 Bibliografía

- Admim. (23 de Octubre de 2012). *Ecuador forestal. Bambú*. Obtenido de <https://ecuadorforestal.org/noticias-y-eventos/bambu-obtencion-y-preparacion/>
- Bambusa.es. (05 de 03 de 2014). *Bambú guadúa*. Obtenido de <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>
- Benítez, B. (2015). Centro de productividad de caña guadua- para el cantón la Concordia, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. (*Tesis de pregrado*). Pontífica Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Cobo, C. (20 de Diciembre de 2013). *Terra Incógnita*. Obtenido de Una mirada diferente al Ecuador: [http://www.terraecuador.net/revista\\_56/56\\_bambu.html](http://www.terraecuador.net/revista_56/56_bambu.html)
- Córdova Alcívar, P. (2014). Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la caña Guadúa Angustifolia Kunth del Ecuador. (*Tesis de pregrado*). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Lozada, C. (2012). Determinación experimental de la durabilidad de tableros derivados de bambú (guadua angustifolia kunth), mediante pruebas de envejecimiento aceleradas . (*Tesis de pregrado*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Miurragui Zambrano, A. (2004). El uso de la guadua como madera alternativa para la construcción y aplicación en la elaboración de tablas para enconfrado . (*Tesis de grado*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/14692>
- Saenz Aponte, A. (2001). *Informe Final registro y aspectos biológicos básicos de fauna entomológica asociada a Guadua angustifolia bajo cinco tratamientos de inmunización en Pereira Rizaralda*. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Sandhu, G.S. (1975). En *Studies on insects infesting wood and bamboo household articles and their control*. (págs. 152-155). Agric, J. Res. Punjab.
- Strain Gages*. (08 de Septiembre de 2017). Obtenido de CAD CAE INGENIERIA LTDA: [http://www.cad-cae.com/strain\\_gages.html](http://www.cad-cae.com/strain_gages.html)



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Valencia Guamán, Andrea Paola**, con C.C: **0705030336** autor/a del trabajo de titulación: **Determinación de propiedades mecánicas de tirillas de fibra de caña guadúa y su aplicabilidad en mallas para reforzamiento estructural** previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 11 de septiembre de 2019

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Valencia Guamán, Andrea Paola**

C.C: **0705030336**

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

|                                       |   |                        |     |
|---------------------------------------|---|------------------------|-----|
| <b>TEMA Y SUBTEMA:</b>                | Determinación de propiedades mecánicas de tirillas de fibra de caña guadúa y su aplicabilidad en mallas para reforzamiento estructural  |                        |     |
| <b>AUTOR(ES)</b>                      | Andrea Paola Valencia Guamán  |                        |     |
| <b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>          | Luis Octavio Yépez Roca   |                        |     |
| <b>INSTITUCIÓN:</b>                   | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil   |                        |     |
| <b>FACULTAD:</b>                      | Facultad de Ingeniería  |                        |     |
| <b>CARRERA:</b>                       | Ingeniería Civil  |                        |     |
| <b>TÍTULO OBTENIDO:</b>               | Ingeniera Civil   |                        |     |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>          | 11 de septiembre de 2019  | <b>No. DE PÁGINAS:</b> | 100 |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>               | Ingeniería sustentable , construcción y materiales, materiales naturales  |                        |     |
| <b>PALABRAS CLAVES/<br/>KEYWORDS:</b> | Eventos sísmicos, caña guadúa, resistencia a la tracción, mampostería, módulo de elasticidad, galgas extensiométricas.  |                        |     |
| <b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>              | <p>El colapso de mampostería es uno de los principales motivos que cobra vidas durante eventos sísmicos en el Ecuador, por este motivo se estudia la posibilidad de mitigar el número de pérdidas humanas debido a este suceso utilizando materiales eco amigables, de bajo costo y de fácil obtención. El objetivo de esta investigación es determinar las propiedades mecánicas de tirillas de caña guadúa obtenidas de plantaciones de la comunidad de Pachinche, provincia de Manabí, por medio de ensayos de laboratorio para a partir del análisis de resultados establecer su funcionalidad en una posible malla como reforzamiento estructural en mampostería típica utilizada en la obra civil del Ecuador. Los ensayos realizados en laboratorio fueron: tracción para conocer los esfuerzos últimos de la fibra, porcentaje de absorción de agua, deformación unitaria con la ayuda de galgas extensiométricas para determinar el módulo elástico de la misma. Para efectos de análisis se dividieron las tirillas en grupos según su forma, con nudo y sin nudo, y posteriormente de acuerdo a su área efectiva requerida para alcanzar esfuerzos máximos a tracción. El estudio evidenció que las tirillas sin nudo y con menor área cumplen con las condiciones requeridas para alcanzar esfuerzos máximos a tracción, por lo que podrían presentar características óptimas para un correcto desempeño al utilizar este tipo de fibras en mampostería como refuerzo estructural. Llama la atención que al menos la mitad de las tirillas el porcentaje de absorción tienen valores menores del 100 % y la otra mitad valores mayores al 200%.</p> |                        |     |



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

|  |  |                                      |
|--|--|--------------------------------------|
| <b>ADJUNTO PDF:</b>  | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO          |
| <b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>                                      | <b>Teléfono:</b><br>+593-992348775     | E-mail: andrea.valencia05@outlook.es |
| <b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b> | Nombre: Clara Glas Cevallos            |                                      |
|  | Teléfono: +593-4 -2206956              |                                      |
|  | E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec      |                                      |
| <b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>                              |  |                                      |
| <b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>                          |  |                                      |
| <b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>                                       |  |                                      |
| <b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>                            |  |                                      |