



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA
TEXTIL**

TEMA:

**“ELABORACIÓN DE UN TEXTIL TÉCNICO UTILIZANDO TEJIDO PLANO DE
BAMBÚ CON RESINA EPÓXICA MEDIANTE UN PROCESO DE LAMINADO”**

AUTOR:

Edgar Jaime López Quinchuqui

DIRECTOR:

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

IBARRA – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA



AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003978952		
APELLIDOS Y NOMBRES:	López Quinchuqui Edgar Jaime		
DIRECCIÓN:	IMBABURA-ECUADOR Calle shyris - Comunidad San Juan Alto – Otavalo		
EMAIL:	ejlopezq@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2 903 220	TELÉFONO MÓVIL:	0998501074

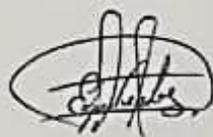
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Elaboración de un textil técnico utilizando tejido plano de bambú con resina epóxica mediante un proceso de laminado”.
AUTOR (ES):	López Quinchuqui Edgar Jaime
FECHA:	25 de noviembre del 2020
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Textil
ASESOR /DIRECTOR:	Msc. Esparza Encalada Willam Ricardo

2. CONSTANCIAS

El autor López Quinchuqui Edgar Jaime manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 2 días del mes de diciembre de 2020

EL AUTOR:



Firma:

Nombre: Edgar Jaime López Quinchuqui

CI: 1003978952



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En calidad de director del Trabajo de Grado presentado por el egresado **López Quinchuquí Edgar Jaime**, para optar el título de INGENIERIA TEXTIL, cuyo tema es **“Elaboración de un textil técnico utilizando tejido plano de bambú con resina epóxica mediante un proceso de laminado”**, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los opositores que se designe.

En la ciudad de Ibarra, 05 de noviembre del 2020



Firmado electrónicamente por:
**WILLAM RICARDO
ESPARZA ENCALADA**

MsC. Willam Esparza

Director del Trabajo de Grado



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERIA TEXTIL



DEDICATORIA

Para Lucia Quinchuqui, mi amada madre quien en vida siempre fue una persona cariñosa, alegre y respetuosa conmigo, que ahora desde el cielo me cuida y me guía.

Para Manuel López, mi querido padre, una persona muy trabajadora y responsable quien tuvo la confianza puesta en mí, así como su apoyo incondicional durante todo el trayecto de la Universidad.

A mi hermana mayor Rosa Elena López, quien considero como mi segunda madre, gracias a su cuidado, correcciones y sus consejos supo guiarme por el buen camino.

A mis hermanos menores Bryan y Kevin, estudiantes universitarios, por quienes me propuse a seguir adelante y alcanzar esta meta, anhelo que sigan adelante y culminen sus carreras.

A mi querida hermana Marlene, a quien considero una persona muy trabajadora y responsable, que me ha brindado su apoyo emocional y económica para la culminación de mi carrera universitaria.

A mis demás hermanos y hermanas: Maritza, Édison, Matilde, Blanca, Mirian y Lucita quienes mediante su vivencia me supieron aconsejar y brindar apoyo emocional en momentos tristes y de alegrías.

“Mamá, tú eres y siempre serás lo mejor de mí, gracias por haberme hecho la persona que soy”



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERIA TEXTIL



AGRADECIMIENTO

Principalmente a mi familia, quienes siempre estuvieron y están en los buenos y malos momentos de mi vida, agradezco por la confianza que depositaron en mí, como también el apoyo tanto económico como emocional que me brindaron para la culminación de mi carrera.

A mi tutor de Tesis Magister William Esparza, quien me ha brindado su guía y su tiempo en la realización y culminación de este trabajo de tesis, como también ha compartido su conocimiento a lo largo de la carrera como un docente de mucha admiración.

A mis Docentes de la universidad principalmente para el Magister Elvis Ramírez, por enseñarme superar mis miedos y enfrentarlos con personalidad y al Ingeniero Fausto Gualato, amigo y docente de la carrera, me ha brindado buenos momentos de plática y enseñanza.

A mis compañeros: Wilson, Rubí, Cristina, Paul, Curi, Jhony, Santiago, Pablito, Enrique, Wilman y los demás, con quienes he compartido buenos y malos momentos en mi vida universitaria.

Edgar López.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	1
1. Introducción:.....	1
1.1 Descripción del tema.....	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Importancia	3
1.4 Objetivos.....	4
1.5 Características del sitio del proyecto	4
CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE	6
2.1 Estado actual.....	6
2.1.1 Textiles técnicos.....	6
2.1.2 Investigaciones relacionadas.....	10
2.2 Marco conceptual	12
2.2.1 Proceso de Laminado Textil.....	12
2.2.2 Material de refuerzo.....	16
2.2.3 Fibra de bambú.....	16
2.2.4 Tejido plano.....	21
2.2.5 Matrices para el textil técnico.....	26
2.2.6 Polímeros.....	27
2.2.7 Resinas epoxi.....	29
CAPITULO III: METODOLOGIA	32
3.1 Métodos de investigación	32
3.1.1 Bibliográfica.....	32
3.1.2 Experimental.....	32
3.1.3 Explicativo.....	32
3.1.4 Método analítico.....	33
3.1.5 Observación directa.....	33
3.2 Flujograma de procesos general	33
3.3 Métodos y técnicas.....	34
3.4 Diseño muestral	35
3.4.1 Selección de las muestras.....	35
3.4.2 Flujograma muestral.....	38
3.5 Metodología de campo	40

3.5.1	Ensayos de laboratorio	40
3.5.2	Realización del tejido	41
3.5.3	Instrumentos y materiales.....	43
3.5.4	Proceso de elaboración del textil técnico.	43
3.6	Determinación de la resistencia del textil técnico	44
3.6.1	Equipo.	44
3.6.2	Procedimiento ensayos a la tracción y elongación.....	45
CAPITULO IV	46
4.	Resultados y discusión de resultados.....	46
4.1	Resultados.....	46
4.2	Discusión de resultados.....	50
CAPITULO V	56
5.	Conclusiones y recomendaciones	56
5.1	Conclusiones.....	56
5.2	Recomendaciones	58
6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	60
7. ANEXOS	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de la investigación	5
Figura 2. Componentes de un material compuesto	9
Figura 3. Áreas de mercado de la Tectextil.....	10
Figura 4. Laminados de láminas de cinta de fibras	14
Figura 5. Lamina de tejido de tipo tafetán	14
Figura 6. Laminado con rasqueta	16
Figura 7. Planta de Bambú.	17
Figura 8. Fibra de Bambú.....	20
Figura 9. Proceso de obtención de la fibra de bambú	21
Figura 10. Tejido plano: urdimbre y trama	22
Figura 11. Clasificación de los tejidos planos.....	23
Figura 12. Ligamento Tafetán	24
Figura 13. Ligamento Sarga	25
Figura 14. Ligamento Satín.....	26
Figura 15. Gráfico de la estructura molecular de los termoplásticos	28
Figura 16. Estructura molecular (red tridimensional)	28
Figura 17. Etapas de la investigación.....	34
Figura 18. flujograma muestral	39
Figura 19. Ficha técnica del tejido de bambú.....	42
Figura 20. Gráfico Graph, análisis de los resultados obtenidos.....	53
Figura 21. Gráfico XY graph, análisis de los resultados obtenidos.....	54
Figura 22. Gráfico Radar, análisis de los resultados obtenidos.	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades químicas de la guadua angustifolia.....	19
Tabla 2. Propiedades mecánicas del bambú.....	19
Tabla 3. Selección de las muestras del textil técnico, aplicando resina epóxica 55% al tejido de bambú.	36
Tabla 4. Selección de las muestras del textil técnico, aplicando resina epóxica 65% al tejido de bambú	37
Tabla 5. Análisis del hilo de bambú.....	40
Tabla 6. Medición de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura de las muestras de tejido plano de bambú sin resina.	47
Tabla 7. Medición de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura de las muestras de tejido plano de bambú con 55% de resina epóxica y 45% de endurecedor.	48
Tabla 8. Medición de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura de las muestras de tejido plano de bambú con 65% de resina epóxica y 35% de endurecedor.	49
Tabla 9. Resumen y comparación del tejido de bambú, textil técnico al 55% de resina y textil técnico al 65% de resina.....	50
Tabla 10. Análisis de la varianza de los resultados obtenidos.	51
Tabla 11. Test de normalidad de los resultados obtenidos.....	52

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Análisis del hilo de bambú.	64
Anexo B. Proceso de urdido.....	64
Anexo C. Proceso de remetido en lizo y peine	65
Anexo D. Proceso de tejido de bambú	65
Anexo E. Análisis del tejido de bambú	66
Anexo F. Tejido de bambú y resina epóxica	66
Anexo G Materiales	67
Anexo H. Balanza analítica.....	67
Anexo I. Preparación de la resina.....	68
Anexo J. Distribución de la resina por la superficie del tejido	68
Anexo K. Muestras de tejido de bambú	69
Anexo L. Dinamómetro titan 5	69
Anexo M. Ficha técnica del tejido de bambú sentido trama	70
Anexo N. Ficha técnica del tejido de bambú en sentido trama	71
Anexo O. Ficha técnica del tejido de bambú en sentido trama y urdido.....	72
Anexo P. Ficha técnica del tejido de bambú en sentido urdido, trama y urdido.....	73
Anexo Q. Ficha técnica del textil técnico en sentido de trama con 55% de resina y 45% de endurecedor.	74
Anexo R. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido con 55% de resina y 45% de endurecedor	75
Anexo S. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido y trama con 55% de resina y 45% de endurecedor.....	76
Anexo T. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido, trama y urdido con 55% de resina y 45% de endurecedor.	77
Anexo U. Ficha técnica del textil técnico en sentido de trama con 65% de resina y 35% de endurecedor.	78
Anexo V. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido con 65% de resina y 35% de endurecedor.....	79
Anexo W. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido y trama con 65% de resina y 35% de endurecedor.....	80

Anexo X. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido, trama y urdido con 65% de resina y 35% de endurecedor.	81
Anexo Y. Resistencia y alargamiento de una capa de tejido de bambú sin resina epoxica.	82
Anexo Z. Resistencia y alargamiento de dos capas de tejido de bambú sin resina epóxica. ...	82
Anexo AA. Resistencia y alargamiento de tres capas de tejido de bambú sin resina epóxica.	83
Anexo BB. Resistencia y alargamiento de una capa de tejido de bambú con 55% de resina epoxica y 45% de endurecedor en sentido trama y urdido.....	83
Anexo CC. Resistencia y alargamiento de dos capas de tejido de bambú con 55% de resina epoxica y 45% de endurecedor.....	84
Anexo DD. Resistencia y alargamiento de tres capas de tejido de bambú con 55% de resina epoxica y 45% de endurecedor.....	84
Anexo EE. Resistencia y alargamiento de una capa de tejido de bambú con 65% de resina epoxica y 35% de endurecedor en sentido trama y urdido.....	85
Anexo FF. Resistencia y alargamiento de dos capas de tejido de bambú con 65% de resina epoxica y 35% de endurecedor.....	85
Anexo GG. Resistencia y alargamiento de tres capas de tejido de bambú con 65% de resina epoxica y 35% de endurecedor.....	86

RESUMEN

Los textiles técnicos con propiedades de resistencia mecánica satisfacen las necesidades de tecnologías relacionadas con la industria aeroespacial, automotriz, electrónica, construcción, biomédica, entre otras. Actualmente los materiales que conforman los textiles técnicos son las fibras sintéticas las cuales generan problemas ambientales. El presente trabajo de investigación consiste en buscar una propuesta que permita disminuir los altos índices de contaminación, promoviendo la utilización de materiales biodegradables como la fibra de bambú, con el propósito de promover el desarrollo de tecnologías limpias.

La fibra de bambú tiene propiedades particulares, entre ellas; antibacterial, resistencia mecánica y su biodegradabilidad al ser una fibra natural, es por ello que se realiza el textil técnico con este material. El procedimiento utilizado es mediante el tratamiento del tejido tafetán de bambú con título de 21 Ne en trama con torsión “s” y 21/4 en urdimbre con torsión “z”, con una fibra de 60mm, con la aplicación de resina epóxica en una superficie antiadherente mediante un proceso de laminado, y posteriormente secado al ambiente por 72 horas.

Para obtener los textiles técnicos se plantearon dos variables: capas de tela y porcentaje de resina epóxica, que posteriormente se obtuvo un total de 8 muestras y de cada muestra se obtuvo 5 probetas obteniendo un global de 40 probetas que fueron sometidos a ensayos de tracción mediante la norma ISO 1421 para determinar la resistencia y alargamiento a la rotura, con el objetivo de obtener un material con características de resistencia mecánica que soporte grandes esfuerzos físicos.

Los resultados fueron analizados con el método test de normalidad encontrando que los datos son normales con una confiabilidad del 95% ($P > 0.05$). Como conclusión se encontró que la resina epóxica aplicada al tejido de bambú a partir de 2 capas en adelante mejora la resistencia de tracción, pero disminuye el alargamiento a la rotura con el 55% de resina epóxica y 45% de endurecedor en relación al 65% de resina epóxica y 35% endurecedor.

Palabras clave: Textil técnico, fibra de bambú, resina epóxica, laminado textil



ABSTRACT

Technical textiles with mechanical resistance properties meet the needs of technologies related to the aerospace, automotive, electronics, construction, and biomedical industries, and others. Currently, the materials that make up technical textiles are synthetic fibers, which generate environmental problems. This research looks for a proposal to reduce the high levels of contamination, promoting the use of biodegradable materials like bamboo fiber, for the development of clean technologies.

The bamboo fiber has particular properties, among them; antibacterial, mechanical resistance, and biodegradability because it is a natural fiber, that is why the technical textile is made with this material. The procedure used is by treating the bamboo plain weave with a titer of 21 Ne in the weft with a twist "s" and 21/4 in the warp with "z" twist, with a 60mm fiber, with the application of epoxy resin on a non-stick surface employing a process of laminate, and subsequently dried in the environment for 72 hours.

To obtain technical textiles, two variables were proposed. Layers of fabric and percentage of epoxy resin, with a total of 8 samples and from each sample, 5 samples were obtained, obtaining a global of 40 samples that were subjected to tensile tests using the ISO 1421 standard to determine the resistance and elongation at break, to obtain a material with mechanical resistance characteristics that resist huge physical efforts.

The results were analyzed with the normality test method, finding the data are normal with a reliability of 95% ($P > 0.05$). In conclusion, the epoxy resin applied to the bamboo fabric from 2 layers onwards improves the tensile strength but decreases the elongation at break with 55% epoxy resin and 45% hardener compared to 65% epoxy resin and 35% hardener.



RAÚL RODRÍGUEZ

Reviewed by Victor Raúl Rodríguez Viteri

CAPITULO I

1. Introducción:

El presente trabajo de investigación, surge debido a la contaminación que actualmente existe en nuestro planeta, la cual se está incrementándose considerablemente, exponiendo la preocupación al ser humano y obligando a buscar alternativas para su cuidado. Los materiales compuestos o también denominados textiles técnicos son básicamente la unión de una matriz polimérica y un material de refuerzo de tipo fibra, que se desarrollan bajo la necesidad de obtener materiales con mejores propiedades mecánicas. Los materiales de refuerzo actualmente utilizados en la industria son la fibra de carbono, vidrio o aramidas, la cuales brindan propiedades mecánicas favorables, pero su costo de fabricación y comercialización es elevado, y también tienen problemas en su degradación siendo un material contaminante. “Los materiales compuestos son utilizados especialmente en la aeronáutica, aeroespacial, automovilística y deportiva” (Estrada Mejía, 2010). Por ello el propósito de la investigación está enfocado en aportar a dar solución al problema de la contaminación en la sustitución de los materiales sintéticos de refuerzo del material compuesto por fibra de bambú, cuyas propiedades son beneficiosos al ambiente ya que son fibras naturales biodegradables. Así, el bambú es una de las plantas con mayor resistencia mecánica la cual proporciona un material compuesto con menor costo e impacto sobre el medio ambiente (Lucena, Suárez, & Zamudio*, 2009).

Las fibras naturales toman importancia a nivel mundial debido a que constituyen un recurso natural y renovable, y muchas de ellas también tienen aplicaciones industriales y algunos son utilizadas en el campo de los materiales compuestos beneficio adicional la reducción del consumo de plásticos, consecuentemente disminuiría el uso de derivados del petróleo y la biodegradabilidad de esta.

1.1 Descripción del tema

Con el tema “Elaboración de un textil técnico utilizando tejido plano de bambú con resina epóxica mediante un proceso de laminado”. Se integra a la industria textil como rama de investigación de los materiales compuestos o también denominados textiles técnicos, a fin de que aporten a dar solución en la reducción: de la contaminación del ambiente y de costo de fabricación y comercialización. Desarrollando el textil técnico por medio de la fibra de bambú y resina epóxica se pretende de demostrar la resistencia del hilo de bambú y la factibilidad de usarla como una alternativa en la fabricación de los materiales compuestos con mayor biodegradabilidad en comparación a las fibras sintéticas, con el uso del equipo adecuado para realizar sus respectivas pruebas de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura.

1.2 Antecedentes

A lo largo de la historia de la humanidad el hombre ha utilizado los materiales de la naturaleza, ya sea para asegurar su supervivencia y superioridad con respecto al medio que se desenvuelve, cambiando drásticamente la vida cotidiana entre los humanos y la naturaleza, ya que “El concepto de material compuesto es tan antiguo como la naturaleza misma” (Dietrich, 2005, pág. 15). Gracias al progreso en el tiempo, actualmente existe varios materiales compuestos fabricados en su mayoría con materiales sintéticos que se utilizan en diferentes campos debido a sus características especiales, de igual manera los materiales sintéticos son perjudiciales para el ambiente como menciona en la investigación de (LÓPEZ, 2019) que:

La producción de tejidos mediante el uso de fibras sintéticas, como el poliéster, explica que la industria textil ocupe el segundo puesto en la escala de industrias más contaminantes, debido a que su producción emite el triple de CO₂ que el de la fibra de algodón (para su producción global se utilizan cerca de 70 millones de barriles de petróleo anuales). Además, el uso de la maquinaria necesaria para la producción de textiles consume combustibles fósiles para su funcionamiento,

las cuales generan una gran cantidad de gases de efecto invernadero, entre ellos CO₂ que van a parar a la atmósfera. (p.9 y 10).

Por ello, la utilización de fibras naturales con el fin de ayudar a la reducción de la contaminación, como menciona (Guerrero & Pontón, 2010) “El uso de fibras naturales toma cada vez más importancia a nivel mundial sobre todo por las ventajas que éstas presentan para el medio ambiente, ya que constituyen un recurso natural y renovable, además de poseer baja densidad, alta rigidez y capacidad de biodegradarse” (p.47).

En esta investigación se utilizó la fibra de bambú la cual según estudios brinda propiedades de resistencia, flexibilidad y ligereza, con el fin de soportar grandes esfuerzos las cuales tienen una aplicabilidad variada en diferentes campos como lo mencionan (Lucena et al., 2009) y (Estrada Mejía, 2010) en sus investigaciones.

Mientras Besednjak & Dietrich (2005) mediante los estudios de investigación realizados en Cataluña-España a lo que se refiere a “Materiales compuestos” nos aporta con la información sobre la definición de un material de refuerzo como también los tipos de matrices poliméricas que se pueden utilizar para la elaboración de un material compuesto (textil técnico).

1.3 Importancia

La importancia de la investigación se basa en la preocupación por el ambiente, su conservación y realización de un textil técnico ya que actualmente se conoce que la contaminación en nuestro planeta está incrementándose considerablemente siendo indispensable realizar investigaciones como las que se planteó en este documento, que permita reducir en alto grado la contaminación que afecta a la sociedad, con el presente estudio se pretende aprovechar las propiedades del bambú, como una fibra natural biodegradable de bajo costo y alta resistencia mecánica, dando paso a la elaboración del textil técnico reduciendo la

utilización de las fibras sintéticas las cuales se utilizan actualmente en la industria, e incentivando la investigación de nuevos materiales naturales en la fabricación del producto.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General

- Elaborar un textil técnico utilizando tejido plano de bambú con resina epóxica mediante un proceso de laminado.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar la información referente a fibras de bambú, resinas epóxica y laminados textiles a través de literatura técnica especializada con la finalidad de desarrollar el laminado del bambú.
- Determinar el procedimiento óptimo para la formación del textil técnico por medio del proceso de laminado para obtener un material resistente.
- Caracterizar al textil laminado mediante pruebas de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura para obtener los datos reales.

1.5 Características del sitio del proyecto

La parte práctica del presente proyecto que consiste en la realización del textil técnico y la caracterización a la tracción, se realizó en los laboratorios textiles de la Planta Académica Textil de la Universidad Técnica del Norte ubicados en la provincia de Imbabura cantón Ibarra, sector Azaya en las calles Luciano Solano Sala y Morona Santiago, como se indica en la Figura 1.

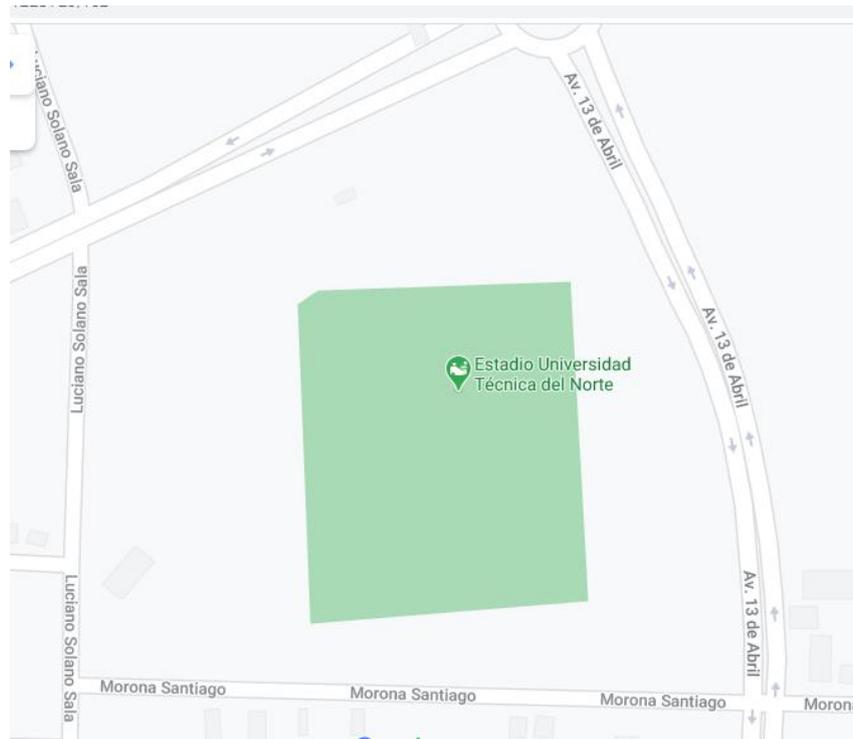


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de la investigación

Fuente: López,2020

Los laboratorios están equipados con maquinaria y equipos de última tecnología, para brindar servicios a empresas públicas, privadas y a todo el público en general, en todo lo referente, en cuanto a pruebas físicas y químicas textiles se requiera, las mismas que son realizadas bajo normas que garantizan de calidad de los textiles.

CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE

2.1 Estado actual

2.1.1 Textiles técnicos.

Para hablar de textiles técnicos es necesario mencionar su definición, en la cual (Horrocks & Anand, 2000) en su libro HANDBOOK OF TECHNICAL TEXTILES menciona que: “Un textil técnico es un material y producto textil fabricado principalmente por sus propiedades técnicas y prestaciones, más que por sus características estéticas o decorativas” (pág. 2). Además,

Los textiles técnicos se definen como materiales y productos textiles que disponen de las propiedades específicas requeridas para el desarrollo de una determinada función y adaptada a su entorno de aplicación, y que dan respuesta a exigencias técnico cualitativas elevadas (ligereza, rendimiento mecánico, térmico, conductividad, resistencia al fuego...), ... Además, pueden considerarse como textiles técnicos todos los materiales y productos textiles que no pueden inscribirse dentro de los sectores tradicionales de indumentaria, hogar y decoración, o, dicho en otras palabras, a todos los productos textiles en los que la funcionalidad es tan o más importante que la estética. (COTEC, 2014, pág. 18 y 19).

También, (Comité Económico y Social Europeo, 2013) menciona:

Los textiles técnicos ofrecen una respuesta funcional a un amplio abanico de requisitos específicos: ligereza, resistencia, refuerzo, filtración, resistencia al fuego, conductividad, aislamiento, flexibilidad, absorción, etc. Gracias a la naturaleza de las fibras (poliéster, polipropileno, viscosa, algodón, carbono,

vidrio, aramida, etc.), y a la elección de las técnicas de fabricación más adecuadas (hilatura, tejido, trenzado, punto, no tejido ...), incluidas las técnicas de acabado (teñido, estampado, revestimiento, laminado ...), los fabricantes de textiles son capaces de ofrecer soluciones textiles con unas propiedades mecánicas, de intercambio o protección adaptadas a las necesidades específicas del usuario final.

El nivel tecnológico es una de las características principales del proceso de fabricación de los tejidos técnicos, David Rigby, los denomina como 'Ingeniería de Materiales Flexibles', que a su vez forman parte de los materiales compuestos o composites, que es la combinación de dos o más materiales, de forma o composición diferentes. (Argote, 2019).

Los materiales compuestos según (Dávila , y otros, 2011) en su investigación nos indica una definición clara:

Un material compuesto es un sistema en el que se combinan dos o más materiales, que se diferencian en función, forma o composición, con el fin de obtener un material con propiedades únicas. En los materiales compuestos destacan una o más propiedades y características aportadas por las fases constituyentes, de tal forma que el conjunto resulte con la mejor combinación posible. (p.32).

Además, (Lucena, Suárez, & Zamudio*, 2009) en su artículo publicado en la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales en la cual menciona:

Los materiales compuestos son basados en la unión de una matriz con un material de refuerzo que suele ser un tipo de fibra o un polvo. Las fibras

reciben la tensión a la que se somete el material y debido a su gran módulo de elasticidad se adquieren unas propiedades mecánicas únicas. (p. 1107).

Los materiales compuestos tienen mucha acogida tanto en industrias y mercado mundial debido a sus propiedades especiales, (Dávila , y otros, 2011) afirman que:

El uso de este tipo de materiales ha crecido notablemente en las últimas décadas dado que tienen el potencial de reemplazar a materiales convencionales tales como el acero y el aluminio, debido a que son livianos y resistentes.

En la actualidad el desarrollo de materiales compuestos se basa en la necesidad de obtener materiales con mejores propiedades, (...), y que sean amigables con el ambiente.

En años recientes ha surgido el particular interés en los compuestos lignocelulósicos, que son aquellos que se encuentran formados por una matriz polimérica con fibras o partículas de origen natural, como son las constituidas principalmente por celulosa y lignina. (pág. 33).

Para que un material sea considerado compuesto debe cumplir con las siguientes características según Dávila , y otros, (2011) enlista:

- Debe constar de 2 o más materiales químicamente distintos y separables mecánicamente.
- Debe ser fabricado al mezclar los materiales constituyentes, de tal forma que la dispersión de un material en el otro se realice de manera controlada para alcanzar unas propiedades óptimas.
- Las propiedades del compuesto deben ser superiores a las de los componentes individuales, y posiblemente únicas en algún aspecto específico. (p. 33)

“Un material compuesto está constituido principalmente por dos componentes de diferentes propiedades y características: matrices y refuerzos” (Dávila et al., 2011).

En la figura 2 se indica más claramente los componentes de un material compuesto.

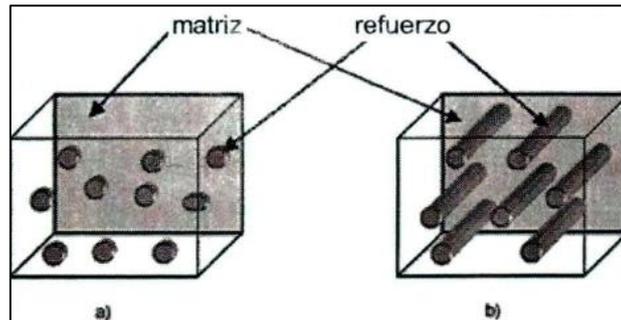


Figura 2. Componentes de un material compuesto

Fuente: (Gonzalez Chamorro, 2011)

2.1.1.1 Áreas de aplicación de los materiales compuestos (textiles técnicos).

Como argumentan Argote (2019) y AITE En la Feria de Fráncfort, que organiza Tectextil, es la principal feria de muestras del mundo en textiles técnicos, se distingue doce áreas de mercado principales:

En la figura 3 se indica las áreas de aplicación de los textiles técnicos.



Figura 3. Áreas de mercado de la Tectextil

Fuente: (López, 2020)

2.1.2 Investigaciones relacionadas.

Los textiles técnicos elaborados con fibra de bambú han sido base de investigaciones para diferentes autores, ya que como se conoce que el bambú es una planta con resistencia mecánica que después de convertirla en fibra y utilizarla como tejido, más la resina epóxica nos genera un material compuestos con propiedades especiales como mencionan:

Lucena et al (2009) en su investigación menciona:

Los materiales compuestos son basados en la unión de una matriz con un material de refuerzo que suele ser un tipo de fibra o un polvo. Las fibras reciben la tensión a la que se somete el material y debido a su gran módulo de elasticidad se adquieren unas propiedades mecánicas únicas. Los materiales hoy en día usados, como los compuestos de fibra de vidrio, de carbono y el Kevlar brindan a la industria propiedades mecánicas excepcionales, pero todos esos aspectos favorables durante el período de uso operan en contra al momento de su

degradación. Por esta razón es necesario sustituir el tipo de fibra y matrices que se han venido usando hasta el momento. Para esto desarrollaremos un material a base de fibras de bambú con un polímero inocuo al medio ambiente. (p. 1107).

Elegimos el bambú como agente de refuerzo ya que este presenta características únicas para el uso requerido. El bambú es una gramínea leñosa de porte arbóreo de la que existen 1250 especies agrupadas en 75 géneros. El bambú es la planta de crecimiento más rápido del planeta. Crece aproximadamente de 75 a 400 mm por día. El tallo del bambú, que es la parte de la planta más importante desde el punto de vista económico, alcanza más de 40 m en algunas especies en tres o cuatro meses [2]. Se estima que en 35 años una planta de bambú puede producir hasta 15 km de postes aprovechables. Su ligereza y altos módulos de elasticidad (de 9 000 a 10100 N/mm²) y rotura (84 a 126 N/mm²) convierten al bambú en un material ideal para la construcción. La resistencia del bambú a la tracción es mayor que la del acero. (p. 1108).

Como también,

(Esparza, Chamorro , Rosero , & Herrera, 2019) en su investigación menciona:

Los textiles técnicos reúnen características especiales que pueden ser ventajosos en los procesos mecánicos, el objetivo de la investigación es obtener un textil con características de resistencia y flexibilidad que soporte grandes esfuerzos físicos. El propósito es conseguir un textil para ser utilizado en bioingeniería como un sistema de rehabilitación con material natural de bambú biodegradable. (pág. 1).

Finalmente,

Estrada Mejía (2010) en su investigación menciona:

En este trabajo se estudiaron las fibras de bambú (*Guadua angustifolia*) con la intención de conocer su potencial como refuerzo mecánico en materiales compuestos poliméricos. Las fibras se extrajeron del culmo de bambú mediante una digestión química alcalina y un proceso kraft con diferentes concentraciones de licor blanco (álcali efectivo AE, sulfidez S e hidromódulo HM). Ello se hizo con el propósito de determinar el procedimiento de separación de fibras de bambú (*Guadua angustifolia*) más eficiente en términos de grado de delignificación y de propiedades mecánicas.

Se pudo ver en los resultados de las simulaciones que las Fibras de bambú (*Guadua angustifolia*) tienen un gran potencial para ser utilizadas como refuerzo de materiales compuestos poliméricos. La rigidez de los compuestos simulados resulta comparable a la de los polímeros reforzados con fibras de vidrio cuando la participación volumétrica de fibras está por debajo de 50 %, aproximadamente. (pág. XIII).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Proceso de Laminado Textil.

Pérez Zurita (2014) en su investigación realizada en la UTA afirma que: “El laminado, por otra parte, consiste en la unión de dos substratos, bien ambos textiles o bien un textil con un film polimérico, membrana, etc., haciendo uso de adhesivos, calor o presión” (p. 17). Mediante este proceso se elabora el textil técnico de la presente tesis mediante la aplicación de capas de tejido plano de bambú y la intervención de un polímero termoestable denominado resina epóxica.

2.2.1.1 Características del laminado.

A continuación, enumeramos algunas propiedades y características según Zurita Angulo (2012):

- En ocasiones, se emplea para aplicar una tela de refuerzo a otra para darle mayor densidad a menor costo.
- Producir un material que combine las propiedades de aquellos que los constituyan.
- Deben satisfacer los requerimientos relacionados con las siguientes áreas: Física, Térmica, Eléctrica, Química, Biológica. (p.13).

2.2.1.2 Tipos de laminados.

Los laminados exclusivamente se forman por el apilamiento de sustratos textiles de refuerzo y la intervención de matriz poliméricos. “La orientación del refuerzo puede que se produzca tanto en una dirección como en dos” (Cano López, 2014, pág. 6) . Por ello, García Castillo (2007) menciona que “Existen dos tipos de láminas: de cinta o de tejido, que forman diferentes tipos de laminados” (p. 21).

2.2.1.2.1 Laminados con láminas de cinta.

“La principal característica de las láminas de cinta es que todas las fibras se encuentran orientadas en una sola dirección y que presentan una isotropía transversal (mismas propiedades en direcciones perpendiculares a la fibra)” (García Castillo, 2007, pág. 21).

En la figura 4. indica los laminados principales que se puede realizar con las láminas de cintas (Laminado unidireccional, Laminado ortótropo y Laminado cuasi-isotropo).

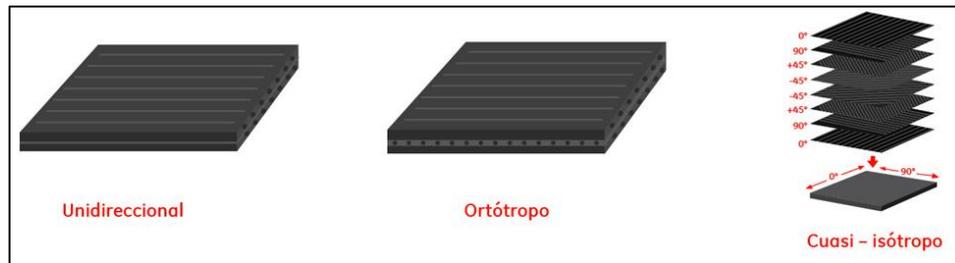


Figura 4. Laminados de láminas de cinta de fibras
 Fuente: (LLOG S.A. DE C.V., 2011)

Los compuestos con refuerzo unidireccional son muy resistentes y rígidos en la dirección de la fibra, pero muy débiles en la dirección perpendicular, por ello es muy común usarlas unidas entre sí con orientaciones diferentes para conseguir un laminado con las propiedades deseadas. (Cano López, 2014, pág. 6).

2.2.1.2.2 Laminado de tejido.

Los laminados de tejidos se fabrican a partir del apilamiento de láminas de tipo tejido, las cuales pueden ser de varias configuraciones, pero con un factor en común: la orientación de las fibras se realiza en dos direcciones, perpendiculares entre sí, siguiendo una determinada secuencia de enlazado. (García Castillo, 2007, pág. 22).

En la figura 5 se indica un tejido de ligamento tafetán.

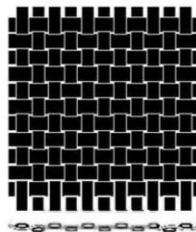


Figura 5. Lámina de tejido de tipo tafetán
 Fuente: www.hexcel.com citado por (García Castillo, 2007).

2.2.1.3 Técnicas de aplicación.

(Sanjuán Gisbert, 2008) nos menciona que el proceso de laminado depende directamente del sustrato textil y del polímero termoplástico a utilizar, como también de las técnicas de aplicación que son las siguientes:

- Laminado por extrusión de lámina plana
- Laminado con llama
- Laminados con rasqueta
- Laminados con hot melt en forma de polvo
- Laminados con hot melt en forma de films adhesivos
- Laminados por pulverización de hot melt.

El presente trabajo trata sobre la elaboración de un textil técnico mediante el proceso de laminado, en este caso se aplica la técnica de laminados con rasqueta que se explicara a continuación.

2.2.1.3.1 Laminados por rasqueta.

La técnica del laminado por rasqueta según (Sanjuán Gisbert, 2008) consiste en la:

Aplicación a uno de los sustratos de un adhesivo en forma de pasta por medio de una rasqueta calibrada para su pegado posterior a un segundo sustrato por medio de unos cilindros de presión. El secado de la pasta se realiza en una rama de pequeñas dimensiones. (pág. 12).

En la figura 6 se puede observar el paso y el proceso por el cual se realiza el laminado utilizando el raqueteado y el secado.

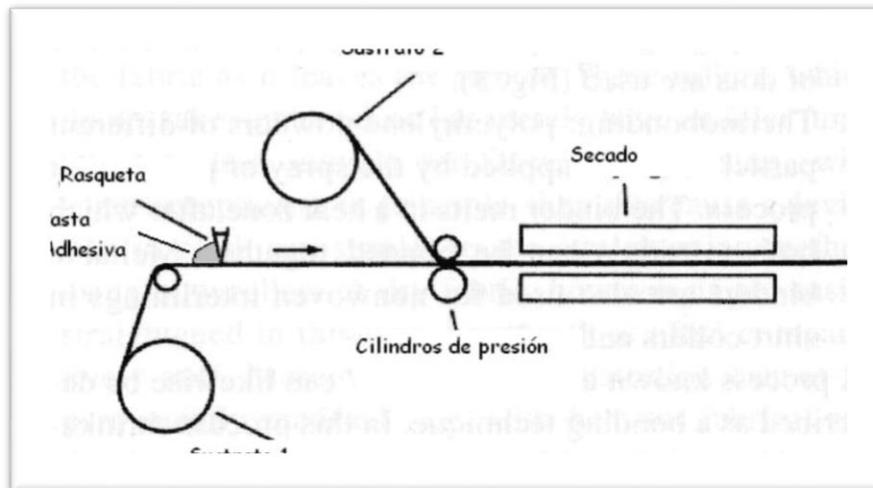


Figura 6. Laminado con rasqueta

Fuente: (Sanjuán Gisbert, 2008, pág. 13)

2.2.2 Material de refuerzo.

“Como material de refuerzo, los textiles confieren unas propiedades físicas al conjunto tales que mejoran las propiedades de cohesión y rigidez del compuesto, proporcionando al producto final unas propiedades mecánicas notablemente superiores a las de sus componentes” (COTEC, 2014, pág. 110). Ver Figura 2.

2.2.3 Fibra de bambú.

El Bambú es una hierba gigante que se clasifica botánicamente en la familia Poaceae, las que anteriormente se denominaban Gramineae. Es importante señalar que, aunque muchas veces se le percibe como un árbol maderable, esta planta en realidad es una hierba, que con sus altas tasas de crecimiento manifiesta muchas ventajas para su producción y aprovechamiento. (Chacón Ramírez, 2012, pág. 5). Ver figura 7.



Figura 7. Planta de Bambú.

Fuente: Istockphoto, 2020

Además, (Juiz, 2012) indica mediante su trabajo de investigación que:

El bambú es una planta que forma parte de la identidad cultural de diversos países del este asiático. En China es conocida como la planta de los mil usos debido a la versatilidad que posee, se utiliza hace muchos años como fuente de alimentación, como material de construcción y para decorar jardines. (pág. 39).

Asimismo, “El bambú es un importante recurso forestal, tiene un ciclo de crecimiento corto, altamente reciclable, y es un material natural que protege el medio ambiente, su utilización es milenaria” (Quintana , Hidalgo, & Muñoz, 2011, pág. 10).

(Kumar & Sastry, 1997) y (Varalezo Jaramillo, 2013, pág. 18) menciona algunos aportes de su investigación acerca del bambú:

- Alcanza más de 40 m en algunas especies en un plazo de tres o cuatro meses

- La resistencia del bambú a la tracción es mayor que la del acero.
- El bambú produce seis veces más celulosa que el pino, especie de crecimiento rápido.
- Esta planta es una gran productora de oxígeno y fijador de CO₂ por lo que brindan un efecto de purificación en el medio ambiente.
- La guadua angustifolia y el bambú posee efectos protectores en los suelos y en aguas de las micro cuencas, ya que proporcionan, con sus raíces, un amarre de los suelos evitando erosión y desbanques.

2.2.3.1 Composición biológica del bambú.

(Chacón Ramírez, 2012) explica la composición biológica del bambú.

El bambú está compuesto por celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa es un carbohidrato que forma parte fundamental de todas las plantas. Es el principal responsable de las propiedades mecánicas del bambú. La lignina es un polímero de fenilpropano que en su forma más simple se presenta como $(C_6H_5CH_2CH_2CH_3)_n$. Se conoce que proporciona rigidez al tallo. Hace posible su crecimiento y mejora su capacidad de duración ante ciertos microorganismos.

En términos generales el bambú está compuesto de: 55% de celulosa, 25% de lignina, y 20% de hemicelulosa y otros. (pág. 7).

2.2.3.2 Propiedades químicas.

En la Tabla 1 se muestra un cuadro de las propiedades químicas del bambú.

Tabla 1.

Propiedades químicas de la guadua angustifolia

Especie	Solubilidad					
	Agua %	Alcohol benceno %	Lignina %	Pentosan %	Ceniza %	Celulosa %
Guadua Angustifolia	10,09	4,03	19,72	11,65	5,16	59,77

Fuente: (Varalezo Jaramillo, 2013, pág. 18)

2.2.3.3 Propiedades mecánicas.

En la Tabla 2 se indica las propiedades mecánicas del bambú con respecto a otros árboles.

Tabla 2.

Propiedades mecánicas del bambú

Material	MET (GPa)	MEC (GPa)	MEF (GPa)	RT (MPa)	RC (MPa)		RF (MPa)
					Perpendicular fibra	Paralelo fibra	
Guadua	190	184	179	430	560	650	740
Aliso	-			108	68	357	460
Arboloco	-			500-1500	132	405	390
Otras maderas	90-180	96-169	108-128	1000	50-144	400	500-720

Fuente: (Varalezo Jaramillo, 2013, pág. 18)

2.2.3.4 Proceso de obtención de la fibra de bambú.

Estrada (2010) en su investigación extracción y caracterización mecánica de las fibras de bambú da a conocer que:

El bambú no tiene un proceso estándar, el más empleado es el Kraft que consiste en separar la celulosa, lignina y hemicelulosa, por medio del licor blanco que contiene hidróxido de sodio, sulfuro de sodio que acelera la digestión y disminuye efectos de contaminantes. Este proceso empieza con un digestor (autoclave) se introduce las astillas y el licor blanco previamente mezclados a temperatura de 105-115°C por 4 horas, Luego procede a enfriar y separar las fibras del licor negro con un tamiz, la pulpa hasta tener un pH= 7 con varios lavados, y al final en un desecador se separa y seca las fibras. (FLORES ANTAMBA, 2018, pág. 17 & 18). Ver figura 8.



Figura 8. Fibra de Bambú

Fuente: Tejoloquehilo, s.f.

En la figura 9, nos indica el proceso del bambú de forma simplificada, con la recuperación de residuos de acuerdo al proceso Kraft.

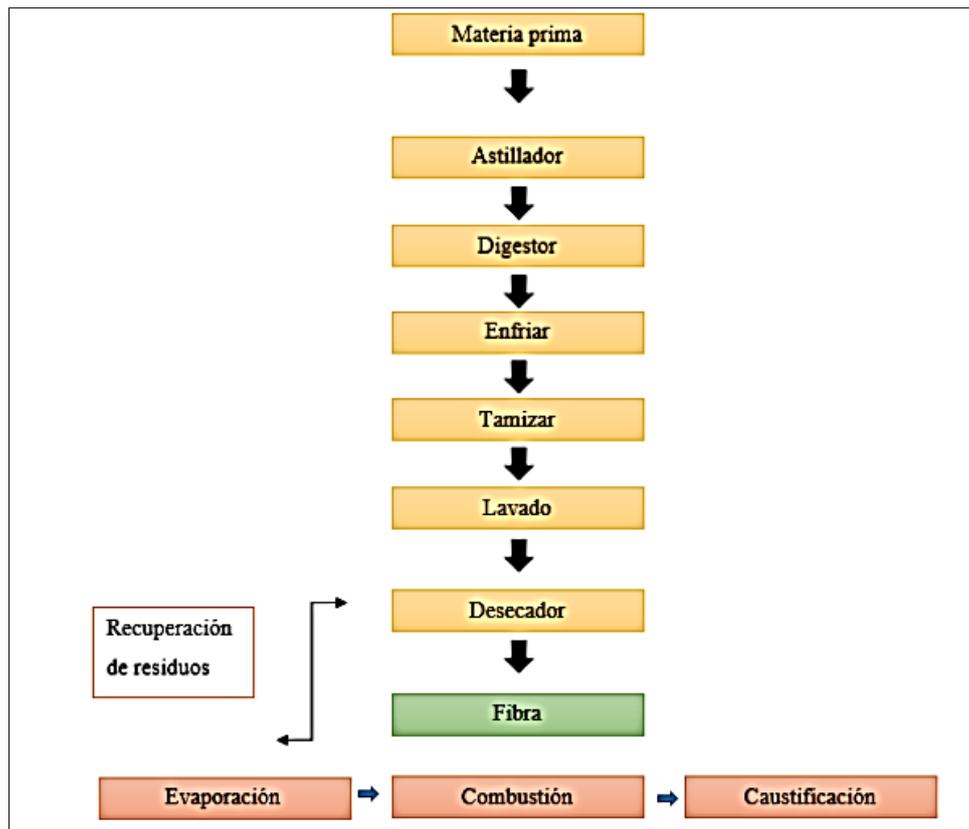


Figura 9. Proceso de obtención de la fibra de bambú

Fuente: (FLORES ANTAMBA, 2018, pág. 33)

2.2.4 Tejido plano.

En los estudios realizados de (Bustamante, 2017) explica que: “Un tejido plano bajo el punto de vista técnico textil, es el entrecruzamiento de dos tipos de hilos. Uno longitudinal denominado urdimbre y otro transversal llamado trama”. Ver figura 10.

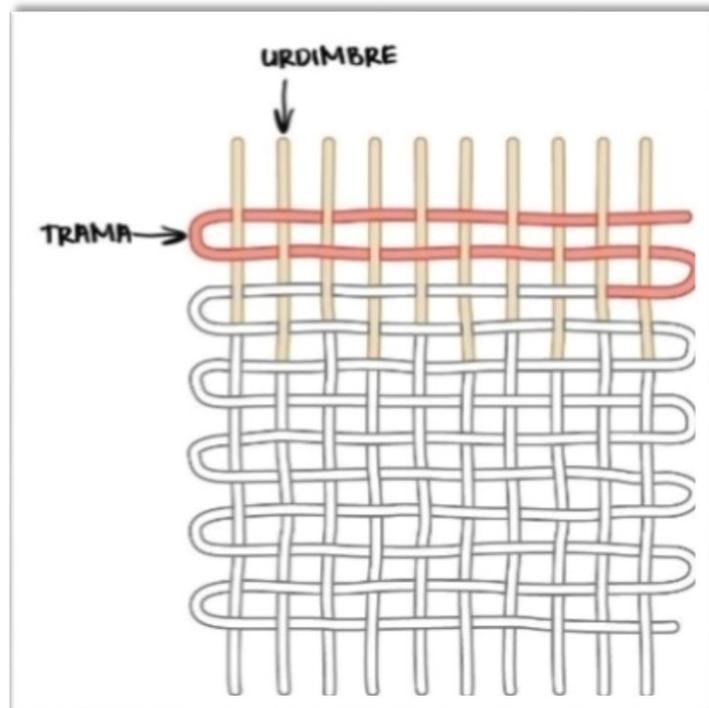


Figura 10. Tejido plano: urdimbre y trama

Fuente: (MARTINE, 2016)

2.2.4.1 Hilos de Urdimbre.

(Pilataxi Vilatuña, 2017) menciona que, “en el tejido, la urdimbre es el conjunto de hilos ordenados plegados en forma paralela con una longitud determinada. La urdimbre tiene ciertos parámetros”:

- Un determinado número de hilos totales
- Una longitud de urdición
- Color, título y torsión del hilo específicos
- Ancho de urdimbre establecido. (p. 31 y 32).

Los sistemas más conocidos para urdir son el Directo y el Seccional.

2.2.4.2 Hilos de Trama.

(Pilataxi Vilatuña, 2017) menciona la definición de los hilos de trama como: “La serie de hilos que en el tejido se disponen en forma transversal recibe el nombre de trama; y cada una de sus unidades se denomina pasadas” (pág. 32).

2.2.4.3 Clasificación de los tejidos planos.

En la figura 11 se indica la clasificación de los tejidos de calada los cuales se realizan en telares.



Figura 11. Clasificación de los tejidos planos

Fuente: (Pilataxi Vilatuña, 2017)

2.2.4.4 Ligamentos fundamentales

Existen una variedad de tejidos que se realizan en los telares modernos, “Sin embargo hay ligamentos fundamentales aquellos que sirven de fundamento para la formación de los demás” (Urbina, 2013, pág. 29). Los ligamentos fundamentales son: tafetán, sarga y satín (o “raso”).

2.2.4.4.1 Ligamento Tafetán.

Según la tesis de (Urbina, 2013) menciona que el ligamento tafetán

Es el más pequeño de todos los tejidos y el más simple, siendo al mismo tiempo el más compacto de todos ellos. Produce un tejido plano sin líneas diagonales. El primer hilo de urdimbre está trabajando todo lo contrario al primero, es decir por debajo del primer hilo de trama y por encima del segundo. El tercer hilo de urdimbre realiza un trabajo similar al primero. El cuarto hilo de urdimbre realiza un trabajo similar al segundo y así sucesivamente. (pág. 29).

En la figura 12 se indica el ligamento más común el tafetán.

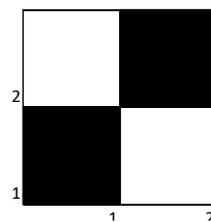


Figura 12. Ligamento Tafetán

Fuente: (López, 2020)

2.2.4.4.2 *Ligamento Sarga.*

(Urbina, 2013) menciona que:

El tejido diagonal o sarga, se repite en tres o más hilos de urdimbre y trama, y produce líneas diagonales de 45 grados en la tela. Este corrimiento diagonal en el lado derecho de la tela, avanza de izquierda a derecha. En cambio, en el revés, avanza de derecha a izquierda. Esto no sucede con el tafetán en el cual no hay ni derecho ni revés. (pág. 30).

En la figura 13 se indica el ligamento de sarga realizado en un tejido.

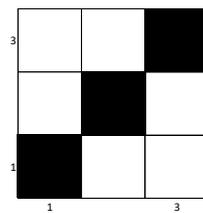


Figura 13. Ligamento Sarga

Fuente: (López, 2020)

2.2.4.4.3 *Ligamento Satín.*

(Urbina, 2013) explica que el tejido satín “Es un ligamento fundamental cuyos puntos de ligadura quedan separados equidistantemente de uno a otro de sus hilos, y de una a otra de sus pasadas, sin que ninguno de ellos toque con otro por ninguno de sus lados” (pág. 30).

En la figura 14 se indica el ligamento satín realizado en un tejido.

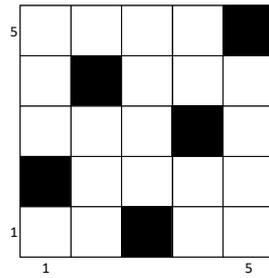


Figura 14. Ligamento Satín

Fuente: (López, 2020)

2.2.5 Matrices para el textil técnico.

2.2.5.1 Funciones de la matriz polimérica en un material compuesto.

(Rodríguez Galbarro, 2020) menciona en su página “Ingemecanica.com” el concepto y funciones de la matriz polimérica:

La matriz es la fase continua y menos rígida que constituye los materiales compuestos. Entre las funciones que debe desempeñar la matriz en los materiales compuestos están las siguientes:

- Dar estabilidad al conjunto, transfiriendo las cargas al refuerzo.
- Actuar como ligante que mantiene fijas en su posición a las fibras de refuerzo.
- Proteger al refuerzo del deterioro mecánico y químico del ambiente exterior.
- Evitar la propagación de grietas.

Para que la fase de matriz pueda desarrollar en condiciones todas estas funciones, es imprescindible que se establezca una buena adherencia entre la fase matriz y el refuerzo.

2.2.6 Polímeros

Según el trabajo experimental realizado en la Universidad Técnica de Ambato por (Salazar Chuquiana, 2018, pág. 9) menciona la definición de polímero:

El etimológico de la palabra polímero, proviene del griego y significa muchos miembros o partes. - No obstante, químicamente se define como material constituido por grandes moléculas, las cuales se forman por la secuencia repetitiva de moléculas pequeñas o agrupaciones de átomos simples, enlazadas unas a otras por enlaces primarios (covalentes simples).

Clasificación de los polímeros

“Según criterio de comportamiento y procesabilidad frente al calor podemos clasificarlo en dos grupos grandes: termoplásticos y termoestables” (Salazar Chuquiana, 2018, pág. 9).

2.2.6.1 Termoplásticos.

(Salazar Chuquiana, 2018, pág. 9) en su estudio realizado menciona que:

Son polímeros que al calentarse a determinadas temperaturas se convierten en fluidos, permitiendo su moldeabilidad en la forma deseada que quedará reservada al enfriarse. - Constituyen el grupo más importante y de mayor uso comercial, su estructura o arquitectura molecular puede ser lineal o ramificada, lo que permite fluir con aportación de calor.

En la figura 15, nos indica la estructura molecular del polímero.

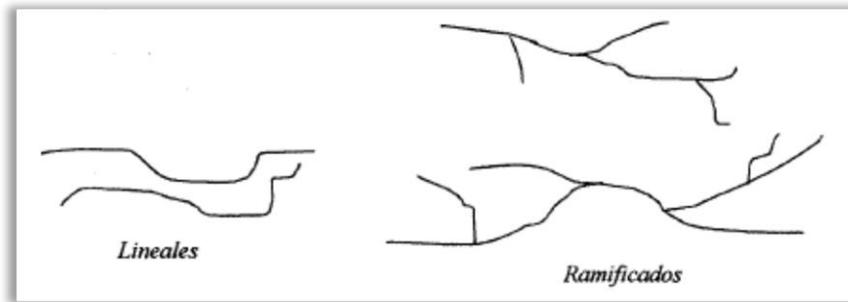


Figura 15. Gráfico de la estructura molecular de los termoplásticos

Fuente: (Salazar Chuquiana, 2018, pág. 9)

2.2.6.2 Matriz termoestable.

“Son polímeros que no pueden fluir por efecto de la temperatura para ser remodelados. Molecularmente hablando son polímeros entrecruzados, tienden a ser resinas de mucha rigidez, someterlos a temperatura elevada promueve la descomposición química del polímero (carbonización)” (Salazar Chuquiana, 2018, pág. 9).

En la figura 16 se indica la estructura molecular del polímero.



Figura 16. Estructura molecular (red tridimensional)

Fuente: (Salazar Chuquiana, 2018, pág. 10)

Además (Salazar Chuquiana, 2018) menciona lo siguiente:

Los polímeros se obtienen hoy en día de los derivados del petróleo, carbón o gas natural. - Para aumentar las características mecánicas de las termoestables, se combinan con diferentes tipos de refuerzos, como las fibras de vidrio, de carbono y aramídicas, obteniendo así laminados compuestos. (pág. 10).

2.2.7 Resinas epoxi

“La resina epóxica, epoxi, porcelanato o cristal líquido es un polímero termoestable que pasa de estado líquido a sólido cuando se le aplica un endurecedor o catalizador” (laresinaepoxi.com, s.f.). Además, (Navarro García & Ramirez Zambrano, 2014) menciona que la resina epóxica:

Se parecen en la forma de trabajar a las de poliéster como en su proceso de curado, pero su comportamiento es diferente, a temperatura ambiente la dosificación de catalizadores es mayor y este no se desprende, sino que entra a formar parte de la reacción química integrándose en la molécula resultante. (pág. 36 y 37).

2.2.7.1 Propiedades y características de la resina epóxica.

“Las resinas epoxi son las resinas más utilizadas en los materiales compuestos de alta calidad, fundamentalmente porque poseen mejores propiedades físicas y mecánicas que las resinas de poliéster y de vinil éster” (Dietrich, 2005, pág. 31).

Entonces es importante destacar las siguientes propiedades y características. (Navarro García & Ramirez Zambrano, 2014) menciona:

- No se desprenden gases durante su endurecimiento.
- El material no se contrae una vez terminado el proceso de endurecimiento
- Tienen buena adhesión sobre los materiales.

- Poseen buenas propiedades mecánicas y como aislante eléctrico.
- No humedecen los paños de fibras tan rápido como las de poliéster y su curado es más lento. (pág. 37).

Además,

Tienen un buen comportamiento ante el agua, al ataque químico, resistencia a la abrasión, y una absorción de agua mejor que las resinas de poliéster, además de una resistencia ambiental. “Una de las principales ventajas de estas resinas sobre las de poliéster, es su baja contracción (1-2%), que puede reducirse hasta prácticamente cero mediante la adición de cargas” (González, 1992). Una desventaja que tienen las resinas epóxica es su precio elevado sobre las de poliéster. (Navarro García & Ramirez Zambrano, 2014, pág. 38).

2.2.7.2 Aplicaciones importantes.

Según (Navarro García & Ramirez Zambrano, 2014) detalla aplicaciones importantes de la resina epóxica en el mercado:

La aplicación de estas resinas es muy variada y extensa, como en revestimientos protectores y decorativos por su buena adhesión y resistencia mecánica y química, en especial en revestimientos de latas y bidones, imprimaciones de automóviles, revestimiento de cables. También son utilizadas en la industria eléctrica como aisladores de alto voltaje, conmutadores y encapsulados de transistores, por ser un buen aislante dieléctrico, su baja contracción en el curado, resistencia ambiental, en especial la humedad y su buena adhesión. (p. 38).

Además, son muy utilizadas para la fabricación de materiales compuestos con diferentes fibras de refuerzo, principalmente con la fibra de bambú que según los estudios antes mencionados tienen igual propiedades que las fibras de carbono, aramidas y de vidrio.

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Métodos de investigación

En el presente trabajo de investigación se obtuvo un textil técnico a partir de un proceso físico y químico al combinar tejido de bambú y resina epóxica, mediante un enfoque cuantitativo, experimental y comparativo, obteniendo datos numéricos que ayudó a identificar las propiedades mecánicas de tracción del material.

Metodología utilizada

Los métodos y técnicas utilizados en la presente investigación son:

3.1.1 Bibliográfica.

Se realizó recurriendo a información de documentos, libros, revistas y artículos científicos, tesis e Internet para tener información referente al tema de la investigación.

3.1.2 Experimental.

En esta investigación, el método experimental es uno de los más importantes por lo que se realizaron ensayos de probetas los cuales nos ayudaron a determinar las características del textil técnico y así se evaluó y se comparó el nivel de resistencia con datos numéricos reales de cada una de las probetas.

3.1.3 Explicativo.

Se aplicó el método explicativo ya que se obtuvo resultados los cuales nos ayuda a dar una explicación a las empresas e industrias de las ventajas logradas y su posible aplicación en un producto.

3.1.4 Método analítico.

Con base en los diferentes muestreos con las probetas a distintas variables de capas de tejido y porcentaje de resina se llevarán a cabo varias comparaciones y análisis, con las que posteriormente se establecerán los argumentos y se discutirán los resultados mediante gráficos obtenidos en programas estadísticos.

3.1.5 Observación directa.

Basado en las propiedades y características de las diferentes fibras, así como también en la aplicación de la técnica del tejido de bambú, se realizó las pruebas pertinentes con el equipo adecuado y en las mejores condiciones.

3.2 Flujograma de procesos general

En la figura 17 se indica las etapas de la investigación para la realización del textil técnico.

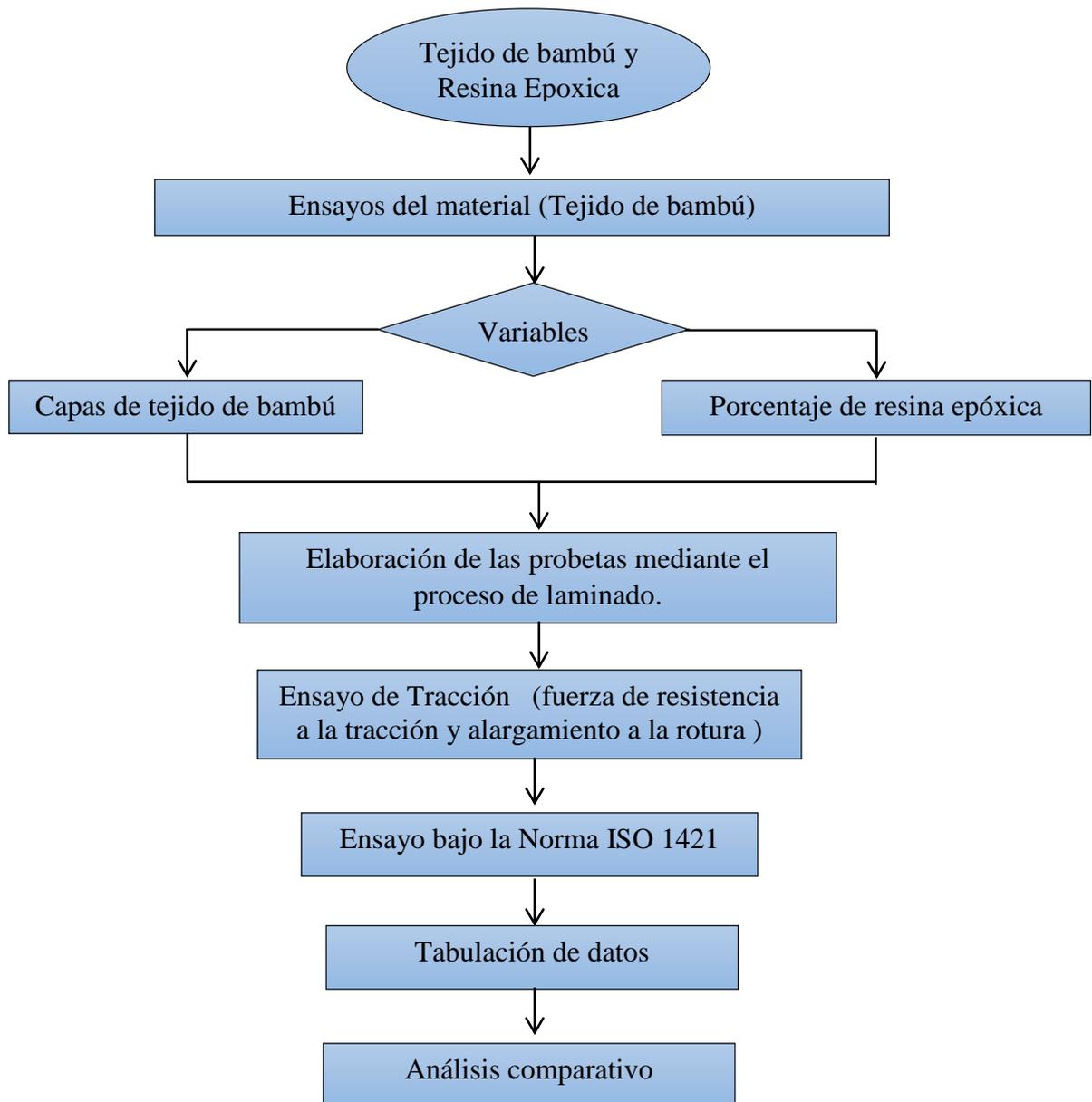


Figura 17. Etapas de la investigación

Fuente: López,2020

3.3 Métodos y técnicas.

Una vez recolectadas las muestras se realizaron los análisis en el laboratorio, con la finalidad de obtener resultados que posteriormente fueron analizados de acuerdo con las normas:

3.3.1 Normas.

- ISO 13934-1:2013 Textiles. Propiedades de los tejidos frente a la tracción: Determinación de la fuerza máxima y del alargamiento a la fuerza máxima por el método de la tira.
- ISO 1421:2016 Tejidos recubiertos de plástico o caucho. determinación de la resistencia a la tracción y del alargamiento a la rotura.
- ISO 2061:2015 Determinación de la torsión de los hilados.

3.4 Diseño muestral

Esta investigación se basó en la fase física, química y mecánica del proceso de elaboración de un textil técnico, en la cual se tuvo una serie de muestras de resina epóxica reforzada con fibra de bambú, las cuales tuvieron dos variables: las capas de tejido de ligamento tafetán en direcciones de trama y urdimbre, y el porcentaje de resina epóxica. Se realizaron mediante el proceso de laminado al ambiente en forma cruzada en urdimbre y trama del tejido, seleccionando un cierto número de muestras para la evaluación de la resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura con el equipo dinamómetro TITAN 5.

3.4.1 Selección de las muestras.

Para la selección de las muestras se considera especialmente 2 tipos de variables; número de capas de tejido y porcentaje de resina epóxica.

a) Combinación de capas de Tejido de Bambú.

- 1 capa sentido trama,
- 1 capa sentido urdimbre,
- 2 capas; sentido urdimbre y trama,
- 3 capas: sentido urdimbre, trama y urdimbre.

b) Porcentaje de resina epóxica.

- 55% Resina epóxica y 45% endurecedor
- 65% Resina epóxica y 35% endurecedor

Por cada combinación de capas de tejido se obtuvo una muestra y por cada muestra se obtuvo 5 probetas, como se indica a continuación.

- Se elaboró 4 muestras de dimensiones 28 x 20 cm, mediante la unión de resina al 55% y endurecedor al 45%, con una relación de 52 g de resina y 11 g de tela según (Esparza et al, 2019) con las 4 combinaciones de capas de tela respectivamente mediante un proceso de laminado, obteniendo 20 probetas de dimensiones 5 x 15cm. Así como se indica en la tabla 3.

Tabla 3.

Selección de las muestras del textil técnico, aplicando resina epóxica 55% al tejido de bambú.

Matriz polimérica	Resina Epóxica 55% y Endurecedor 45%			
Material de refuerzo	Tejido de bambú			
N° de muestra	muestra 1	muestra 2	muestra 3	muestra 4
Dimensiones del tejido	(28 x 20) cm	(28 x 20) cm	(28 x 20) cm	(28 x 20) cm
N° de capas de tejido	1	1	2	3
Sentido de capas de tejido	trama	urdido	UT	UTU
Relación resina-tejido	52 g de resina y 11 g de tejido	52 g de resina y 11 g de tejido	52 g de resina y 11 g de tejido	52 g de resina y 11 g de tejido
N° de probetas obtenidas	5	5	5	5
Dimensiones de probetas	5x15 cm	5x15 cm	5x15 cm	5x15 cm

Fuente: López, 2020

- Se elaboró 4 muestras de dimensiones 28 x 20 cm, mediante la unión de resina al 65% y Endurecedor al 35%, con una relación de 52 g de resina y 11 g de tela según (Esparza et al, 2019), con las 4 combinaciones de capas de tela respectivamente mediante un proceso de laminado, obteniendo 20 probetas de dimensiones 5 x 15cm. Así como se indica en la tabla 4.

Tabla 4.

Selección de las muestras del textil técnico, aplicando resina epóxica 65% al tejido de bambú

Matriz polimérica	Resina Epóxica 65% y Endurecedor 35%			
Material de refuerzo	Tejido de bambú			
N° de muestra	muestra 5	muestra 6	muestra 7	muestra 8
Dimensiones del tejido	(28 x 20) cm	(28 x 20) cm	(28 x 20) cm	(28 x 20) cm
N° de capas de tejido	1	1	2	3
Sentido de capas de tejido	trama	urdido	UT	UTU
Relación de resina-tejido	52 g de resina y 11 g de tejido	52 g de resina y 11 g de tejido	52 g de resina y 11 g de tejido	52 g de resina y 11 g de tejido
N° de probetas obtenidas	5	5	5	5
Dimensiones de probetas	5x15 cm	5x15 cm	5x15 cm	5x15 cm

Fuente: López, 2020

Las 40 probetas obtenidas fueron sometidas a ensayos de tracción mediante la norma ISO 1421 en el equipo DINAMOMETRO TITAN 5, con el propósito de obtener los datos numéricos de resistencia a la tracción y del alargamiento a la rotura que fueron analizados y comparados.

Tanto la fibra de bambú como la resina epóxica, poseen diferentes propiedades que al unir forma un material compuesto con propiedades especiales. Se sometió a ensayos de tracción al tejido de bambú sin resina, mediante la norma ISO 13934-1, para conocer su resistencia a la

tracción y alargamiento a la rotura. Se elaboró 20 probetas de dimensiones 10x15cm de tejido de bambú sin resina en las 4 combinaciones de capas de tejido, tomándose en cuenta que son 5 probetas por combinación, finalmente fueron analizados juntamente con las otras 40 probetas de materiales compuestos.

3.4.2 Flujograma muestral.

En la figura 18, se explica más detalladamente sobre la realización de las probetas tanto del textil técnico como del tejido de bambú.

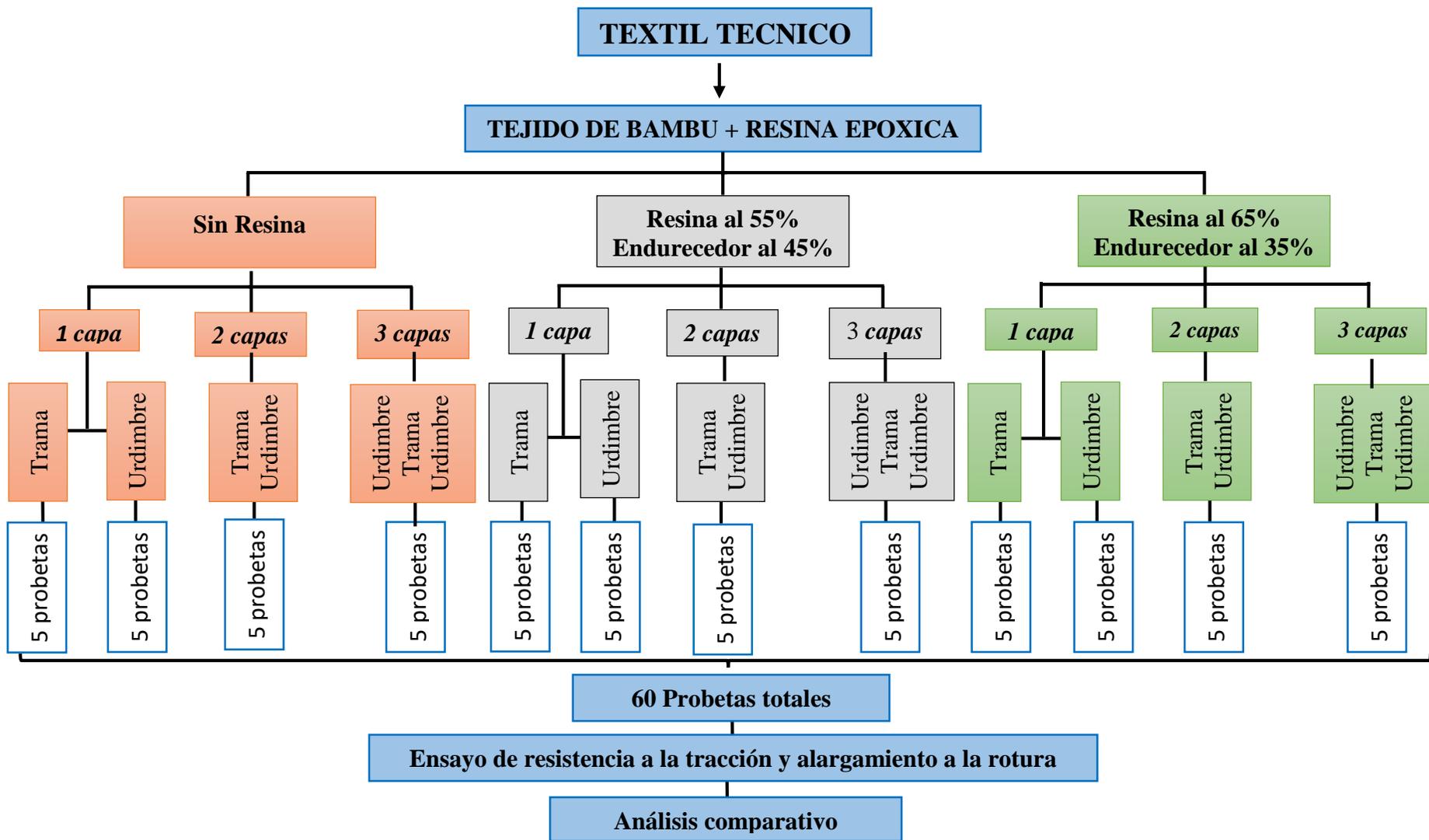


Figura 18. flujograma muestral

Fuente: López, 202

3.5 Metodología de campo

En la metodología de campo se realizó las pruebas en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte para el análisis de los hilos de bambú, realizando las probetas e identificando las propiedades mecánicas de tracción del textil técnico y como también en el Taller LOPEX donde se realizó el tejido de bambú.

3.5.1 Ensayos de laboratorio

A continuación, se detalla los resultados del análisis del hilo de bambú, realizados en el laboratorio textil. Como se muestra en la Tabla 5 y en el [ANEXO A](#) se presentan fotografías.

Tabla 5.

Análisis del hilo de bambú.

Número	Peso 1m	Título (Ne)	Torsiones urdido 5.25 Ne (21/4)	Torsiones trama 21 Ne
1	0,0290	20	105,4	500,2
2	0,0283	21	90,3	517,9
3	0,0286	21	100,2	509
4	0,0287	21	79,4	518,7
5	0,0287	21	111,9	569,7
6	0,0288	21	114,3	550,1
7	0,0284	21	116,9	571
8	0,0289	20	89,7	554,7
9	0,0285	21	93,4	563,3
10	0,0288	21	97,8	531,5
11	0,0287	21	99,05	600,7
12	0,0291	20	106,1	580
13	0,0290	20	88,5	560
14	0,0283	21	85,1	560
15	0,0286	21	74	549,2
16	0,0287	21	89,6	619
17	0,0287	21	90,5	539,8
18	0,0288	21	113,8	561,5
19	0,0284	21	85,1	542,8
20	0,0289	20	78,5	545,6
Promedio	0,0287	21	95	552

Fuente: López, 2020

En la tabla 5 se detalló los datos del análisis del hilo de bambú que se realizó en el laboratorio textil de la universidad técnica del norte, en la cual se comprobó que el hilo retorcido de bambú utilizado en urdido tiene un título de 21/4 Ne y 95 Tpm mientras que el hilo utilizado en trama tiene un título de 21Ne y 552 Tpm.

3.5.2 Realización del tejido

Después de los resultados de los ensayos sometidos al hilo de bambú, se procede a realizar el tejido de bambú en un telar de lanzadera de marca “TOYOTA” del taller artesanal LOPEX, ubicado en la comunidad de San Juan Alto de la ciudad de Otavalo.

3.5.2.1 Urdido.

Se compró el hilo retorcido de bambú de título 21/4 Ne para el urdido y el hilo 21 Ne para trama en la empresa IMBATEX. El urdido se realizó en una urdidora artesanal seccional con un numero de 702 hilos calculando un metraje de 17m. ver [ANEXO B](#)

3.5.2.2 Remetido.

Después del proceso de urdido, se procedió a realizar el proceso de remetido, en la máquina misma, con un pasado 1 hilo retorcido por lizo y el pasado por peine de 2 hilos retorcidos, tomando en cuenta que se realizó el tejido en un peine 13/pulg. ver [ANEXO C.](#)

3.5.2.3 Proceso de tejido.

Se realizaron algunas calibraciones a la máquina para proseguir con el tejido, en la cual se utilizó 2 hilos hermanados de 21 Ne para trama, que fueron envueltos en las canillas para más luego adaptarle a la lanzadera y proseguir el funcionamiento en el telar, se obtuvo el tejido con un ancho de 64 cm, un metraje de 16 metros, ver [ANEXO D.](#)

3.5.2.4 Análisis del tejido.

Mediante el análisis del tejido de bambú con la lupa se obtuvo una densidad de 28 - 52 y un gramaje de 182.74 g/m², en el [ANEXO E](#) se indica algunas fotografías referentes al análisis del tejido y en la Figura 19 se presenta una ficha técnica del tejido.

		Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil			
FICHA TÉCNICA					
DESCRIPCIÓN		TEJIDO PLANO DE BAMBÚ			
LIGAMENTO		TAFETAN	COMPOSICIÓN	100% BAMBÚ	
					
HILOS	TÍTULO		MEZCLA	TORSIONES	PROVEEDOR
	RANGO	UND		TPM	
4 CABOS DE URDIDO	5,25 (21/4)	Ne	100 % Bambu	95	IMBATEX
1 CABO DE TRAMA	21	Ne	100 % Bambu	552	IMBATEX
TELAR	LANZADERA		MODELO	TOYOTA	
Detalles de urdido y remetido			Detalle del tejido		
N° DE PEINE	puas/ pulg.	13	ANCHO STD	cm	64
ANCHO DE PEINE	cm	70	GRAMAJE STD	g/m ²	182,74
N° DE HILOS DE URDIDO	-	702	TRAMA	hilos x pulg.	52
N° DE HILOS DE FONDO	-	662	URDIMBRE	hilos x pulg.	28
N° DE HILOS DE ORILLO	-	20 x 2	LONGITUD STD	cm	16

Figura 19. Ficha técnica del tejido de bambú

Fuente: López, 2020

3.5.3 Instrumentos y materiales

1. Materia prima

- Tejido de bambú y Resina Epóxica, ver [ANEXO F](#).

2. Materiales

- a) Brocha de 1 pulgada.
- b) Planchas de vidrio de 28*25
- c) Recipientes plásticos
- d) Fundas plásticas
- e) Guantes quirúrgicos
- f) Vaselina
- g) Tijeras
- h) Rasqueta
- i) Agitador. Ver [ANEXO G](#)

3. Instrumentos

- Balanza analítica, ver [ANEXO H](#)

3.5.4 Proceso de elaboración del textil técnico.

a) Resina epóxica al 55% y 45% de endurecedor en 1,2 y 3 capas.

- Como primer paso se procede a cortar el tejido de bambú en dimensiones de 28 * 20 en sentido Trama y Urdido.
- Después, se recubre de plástico la plancha de vidrio y se aplica vaselina en la superficie para evitar la unión del plástico y el textil técnico.
- Se mezcla en un recipiente 55% de resina y 45% de endurecedor, mezcla ideal indicada en el artículo científico de (Esparza et al, 2019), y por medio de una agitadora se mezcla los dos componentes inmediatamente. Ver [ANEXO I](#)

- Mediante una brocha se coloca la resina en la superficie del plástico antes de colocar el tejido para obtener una superficie liza del textil técnico.
- Se coloca el tejido en la superficie plástica con resina, dejar que se moje la mayor parte del tejido, después con la resina sobrante se aplicó en las partes que están secas y con una rasqueta va uniformizando la cantidad de resina por toda la superficie del tejido. Ver [ANEXO J](#)
- Si es más de dos capas se debe tomar en cuenta que deben ir alternados (trama y urdimbre).
- Se seca las muestras de textiles técnicos por un tiempo de 72 horas a temperatura ambiente, luego se procede conseguir las probetas de 5 x 15 cm de cada muestra, para posteriormente realizar los ensayos en el Dinamómetro. Ver [ANEXO K](#)

b) Resina epóxica al 65% y 35% de endurecedor en 1,2 y 3 capas.

- Se repite los pasos del anterior, solo cambia en la mezcla 65% de resina y 35% de endurecedor.

3.6 Determinación de la resistencia del textil técnico

Las probetas de los tejidos de bambú y las probetas de textiles técnicos en estado seco, después de 72 horas de reposo, se sometió a la tracción, hasta obtener la rotura del Textil Técnico, tomando en cuenta su longitud inicial y final para obtener el porcentaje de elongación.

3.6.1 Equipo.

Se utilizó en las pruebas de resistencia y elongación del Textil Técnico el equipo Dinamómetro de 1000 N (Titan 5 Universal Strength Tester), en el [ANEXO L](#) se presenta una fotografía del equipo.

3.6.2 Procedimiento ensayos a la tracción y elongación.

Para realizar los ensayos a la tracción y elongación se desarrolló los siguientes pasos detallados a continuación:

- Acondicionar el dinamómetro a la norma internacional ISO 13934-1:2013, para probetas de solo tejido de bambú y la norma ISO 1421 para las probetas de textil técnico.
- Colocar las probetas en el dinamómetro según las siguientes condiciones:
 - a) Distancia útil entre mordazas 150 mm en probetas de tejido de bambú y 250 mm en probetas de textiles técnicos.
 - b) Tensión previa: tensión manual
- Accionar el botón situado en la parte inferior derecha del dinamómetro
- Finalmente almacenar los valores obtenidos en los ensayos realizados.

CAPITULO IV

4. Resultados y discusión de resultados

Se exponen los diferentes resultados obtenidos de acuerdo con las normativas utilizadas en las pruebas de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura; cada muestra resultante de los procesos de laminado fue sometida a las diferentes pruebas y posteriormente se hace la comparación de los resultados. De igual manera, por medio del programa estadístico PAST 4 se utilizó el análisis estadístico para verificar la confiabilidad de los datos obtenidos en los resultados y se detalla el análisis de cada uno de los resultados mediante tablas y gráficos.

4.1 Resultados.

De la investigación se llegó a obtener los siguientes resultados, a partir del proceso de medición.

4.1.1 Resultados del ensayo de tracción al tejido de bambú y textil técnico.

Del proceso de medición de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura del tejido de bambú y del textil técnico realizadas por dos combinaciones: al 55% de resina epóxica 45% de endurecedor y al 65% de resina epóxica y 35% de endurecedor, se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación:

En la tabla 6, se indica los valores de resistencia a la tracción en Newton (N) y alargamiento a la rotura en porcentaje (%) que fueron obtenidas del tejido de bambú, se realizaron la medida de 20 probetas: 5 en sentido Trama (Ficha Técnica [ANEXO M](#)), 5 en sentido Urdido (Ficha Técnica [ANEXO N](#)), 5 en sentido Urdido y Trama (Ficha Técnica [ANEXO O](#)) y 5 en sentido Urdido, Trama y Urdido (Ficha Técnica [ANEXO P](#)).

Tabla 6.

Medición de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura de las muestras de tejido plano de bambú sin resina.

Probetas	1 capa sentido Trama		1 capa sentido Urdido		2 capas sentido T. y U.		3 capa sentido T. U. T.	
	Resistencia (N)	Alargamiento (mm)	Resistencia (N)	Alargamiento (mm)	Resistencia (N)	Alargamiento (mm)	Resistencia (N)	Alargamiento (mm)
1	902,33	28,67	1756,20	23,74	2524,08	25,75	3415,99	23,31
2	848,31	26,33	1711,39	23,95	2587,36	26,47	3615,39	27,49
3	864,78	29,42	1710,46	23,98	2580,05	26,28	3335,80	22,87
4	872,50	27,30	1841,36	24,32	2533,50	25,07	4169,06	28,80
5	852,61	27,17	1812,03	24,07	2522,53	26,12	3168,62	20,15
Prom.	868,11	27,78	1766,29	24,01	2549,50	25,94	3540,97	24,52

Fuente: López, 2020

En el [ANEXO Y](#) , [ANEXO Z](#) y [ANEXO AA](#) se representan gráficamente los resultados de las probetas ensayadas, que se detallan en la tabla 6.

En la tabla 7, se indica los valores de resistencia a la tracción en Newton (N) y alargamiento a la rotura en milímetros (mm) que fueron obtenidos del textil técnico con 55% de resina epóxica y 45% de endurecedor.

Se realizaron la medida de 20 muestras: 5 en sentido Trama (Ficha Técnica [ANEXO Q](#)), 5 en sentido Urdido (Ficha Técnica [ANEXO R](#)), 5 en sentido urdido y trama(Ficha Técnica [ANEXO S](#)) y 5 en sentido Urdido, trama y urdido(Ficha Técnica [ANEXO T](#)).

Tabla 7.

Medición de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura de las muestras de tejido plano de bambú con 55% de resina epóxica y 45% de endurecedor.

Probetas	1 capa sentido Trama.		1 capa sentido Urdido.		2 capas sentido T. y U.		3 capa sentido T. U. T.	
	Resistencia (N)	Alargamiento (mm)	Resistencia (N)	Alargamiento (mm)	Resistencia (N)	Alargamiento (mm)	Resistencia (N)	Alargamiento (mm)
1	583,12	20,59	1458,29	6,73	2022,22	7,29	1629,61	5,31
2	593,28	21,09	1429,21	5,70	2029,39	7,62	1563,72	5,11
3	565,07	19,86	1546,80	5,87	1782,67	6,89	1512,38	5,37
4	625,78	20,53	1640,62	6,45	1765,52	6,48	1429,22	5,13
5	583,99	19,09	1533,95	5,87	1898,40	7,04	1526,07	5,22
Prom	590,25	20,23	1521,77	6,12	1899,64	7,06	1532,20	5,23

Fuente: López, 2020

En el [ANEXO BB](#), [ANEXO CC](#) y [ANEXO DD](#) se representan gráficamente los resultados de las probetas ensayadas, que se detallan en la tabla 7.

En la tabla 8 se indica los valores de resistencia a la tracción en Newton (N) y alargamiento a la rotura en milímetros (mm) que fueron obtenidos del textil técnico con 65% de resina epóxica y 35% de Endurecedor.

Se realizaron la medida de 20 muestras: 5 en sentido Trama (Ficha Técnica [ANEXO U](#)), 5 en sentido urdido (Ficha Técnica [ANEXO V](#)), 5 en sentido urdido y trama (Ficha Técnica [ANEXO W](#)) y 5 en sentido Urdido, trama y urdido (Ficha Técnica [ANEXO X](#)).

Tabla 8.

Medición de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura de las muestras de tejido plano de bambú con 65% de resina epóxica y 35% de endurecedor.

Probetas	1 capa sentido Trama		1 capa sentido Urdido		2 capas sentido T. y U.		3 capa sentido T. U. T.	
	Resistencia (N)	Alargamiento o (mm)	Resistencia (N)	Alargamiento o (mm)	Resistencia (N)	Alargamiento o (mm)	Resistencia (N)	Alargamiento o (mm)
1	865,27	2,72	1493,70	5,13	2222,40	5,14	2275,58	5,99
2	933,90	2,80	1681,46	4,96	2028,03	4,55	2248,19	6,39
3	986,60	2,79	1696,47	5,23	2217,73	6,37	2250,67	6,39
4	1032,96	2,94	1731,93	5,37	2387,02	6,40	2030,55	5,55
5	998,50	2,93	1567,21	5,47	2536,04	6,96	2183,54	6,63
Prom	963,45	2,84	1634,15	5,23	2278,24	5,88	2197,71	6,19

Fuente: López, 2020

En los [ANEXO EE](#), [ANEXO FF](#) y [ANEXO GG](#), se representan gráficamente los resultados de las probetas ensayadas, que se detallan en la tabla 8.

Los textiles técnicos fueron elaborados cuidadosamente mediante el proceso de laminado y fueron sometidos a ensayos con sus respectivas normas.

4.1.1 Resumen general de los resultados obtenidos.

En la tabla 9, se indica un resumen de los resultados obtenidos de la medición de Resistencia a la tracción y alargamiento a la Rotura, donde se exponen los promedios de todos los resultados de cada muestra obtenidas del tejido de bambú y textil técnico al 55% y 65% de resina epóxica.

Tabla 9.

Resumen y comparación del tejido de bambú, textil técnico al 55% de resina y textil técnico al 65% de resina.

N.- capas	sentido	Resistencia sin resina (N)	Alargamiento sin resina (mm)	Resistencia 55%R y 45%E (N)	Alargamiento 55%R y 45%E (mm)	Resistencia 65%R y 35%E (N)	Alargamiento 65%R y 35%E (mm)
1	Trama	868,106	27,778	590,248	20,232	963,446	2,836
1	Urdido	1766,288	24,012	1521,774	6,124	1634,154	5,232
2	T U	2549,504	25,938	1899,64	7,064	2278,244	5,884
3	U T U	3540,972	24,524	1532,2	5,228	2197,706	6,19

Nota: R: resina epóxica, E: endurecedor

Fuente: López, 2020

La tabla 9 se observa que el bambú es un material resistente y supero los 5000 Newton en las muestras de textil técnico de 2 Capas y 3 Capas, de combinación 55% resina epóxica y 45% endurecedor, y en la muestra de 3 Capas, de combinación 65% resina epóxica y 35% de endurecedor.

4.2 Discusión de resultados.

Una vez realizadas las respectivas pruebas y la tabulación de los datos obtenidos de cada una de las pruebas, se procede a realizar la respectiva validación de datos con el análisis de la varianza y test de normalidad. Además, se realizan las respectivas comparaciones y análisis de cada una de las pruebas que se realizaron.

4.2.1 Análisis de la varianza.

El análisis estadístico se realizó luego de recopilar los resultados obtenidos en el Dinamómetro en cada prueba que constó de 60 probetas y mediciones respectivamente, para realizar la comparación entre los datos recopilados de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura, se elaboró una tabla única de resultados, y mediante el programa PAST 4 se obtuvieron los siguientes datos indicados en la tabla 10.

Tabla 10.

Análisis de la varianza de los resultados obtenidos.

Univariate statistics

	Resistencia sin re	Alargamiento sin	Resistencia 55%R	Alargamiento 55'	Resistencia 65%R	Alargamiento 65'
N	4	4	4	4	4	4
Min	868,106	24,012	590,248	5,228	963,446	2,836
Max	3540,972	27,778	1899,64	20,232	2278,244	6,19
Sum	8724,87	102,252	5543,862	38,648	7073,55	20,142
Mean	2181,218	25,563	1385,966	9,662	1768,388	5,0355
Std. error	568,697	0,8432068	279,4125	3,543213	304,1679	0,7598923
Variance	1293665	2,843991	312285,4	50,21743	370072,5	2,309745
Stand. dev	1137,394	1,686414	558,825	7,086426	608,3358	1,519785
Median	2157,896	25,231	1526,987	6,594	1915,93	5,558
25 prcnil	1092,652	24,14	823,1295	5,452	1131,123	3,435
75 prcnil	3293,105	27,318	1807,78	16,94	2258,11	6,1135
Skewness	0,1035116	0,8433598	-1,385382	1,933213	-0,9247953	-1,611152
Kurtosis	-0,673788	-0,7065549	2,609836	3,777704	-0,8025969	2,55814
Geom. mean	1928,871	25,52197	1271,578	8,224605	1675,608	4,821524
Coeff. var	52,14492	6,597088	40,32027	73,34326	34,4006	30,1814

Fuente: López, 2020

- Tomando las medias de las 4 combinaciones de cada prueba para el análisis de resistencia, se establece que las muestras de tejido de bambú son más resistentes que las muestras de textiles técnicos. También se determina que las muestras de textiles técnicos al 65% de resina epóxica es más resistentes a las muestras al 55% de resina epóxica.
- Tomando las medias de las 4 combinaciones de cada prueba para el análisis de alargamiento (extensión), se establece que las muestras de tejido de bambú tienen más alargamiento que las muestras de textiles técnicos. También se determina que las muestras de textiles técnicos al 55% de resina epóxica tienen más alargamiento que las muestras al 65% de resina epóxica.

4.2.2 Normalidad de datos.

En la tabla 11, se muestran el análisis de la confiabilidad de los datos utilizando los métodos del programa Past 4. Obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 11.

Test de normalidad de los resultados obtenidos.

Tests for normal distribution

	Resistencia sin resina	Alargamiento sin res	Resistencia 55%R 45'	Alargamiento 55%R	Resistencia 65%R 35'	Alargamiento 65%R
N	4	4	4	4	4	4
Shapiro-Wilk W	0,9972	0,9343	0,8677	0,7274	0,896	0,8407
p(normal)	0,9905	0,6202	0,2889	0,02316	0,4113	0,1973
Anderson-Darling A	0,1554	0,244	0,4023	0,6292	0,3006	0,4096
p(normal)	0,8696	0,5247	0,1716	0,03131	0,3639	0,1623
p(Monte Carlo)	0,9948	0,654	0,2007	0,0279	0,4449	0,1858
Lilliefors L	0,1424	0,2311	0,346	0,393	0,2598	0,3014
p(normal)	112,8	0,6437	0,09584	0,03095	0,4564	0,2358
p(Monte Carlo)	0,9882	0,6935	0,0976	0,0292	0,4936	0,2092
Jarque-Bera JB	0,2797	0,4372	0,5475	0,9113	0,4748	0,6998
p(normal)	0,8695	0,8036	0,7605	0,634	0,7887	0,7048
p(Monte Carlo)	0,8609	0,6048	0,3282	0,0225	0,5	0,1376

Fuente: López, 2020

Se realizó el test de normalidad para encontrar la hipótesis nula, utilizando los métodos Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, p(normal), p (Monte Carlo), Lilliefors L, Jarque-Bera JB. Encontrándose que los valores en los métodos p(normal) y p (Monte Carlo) son $P < 0,005$. Y los valores en los métodos Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Lilliefors L y Jarque-Bera JB son $P > 0,05$, por consiguiente, los resultados de estos 4 métodos utilizados son confiables y se puede decir que los datos tienen una confiabilidad del 95% aceptando la hipótesis nula que se investiga.

4.2.3 Análisis de resultados.

A continuación, se representan gráficamente los resultados obtenidos en la figura 20 para realizar la discusión.

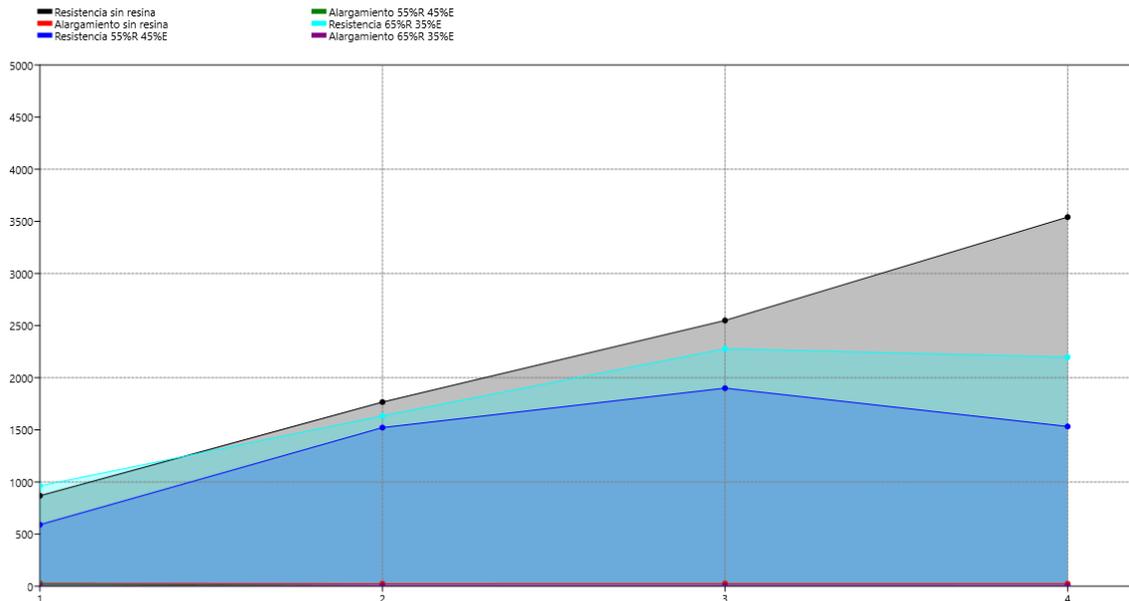


Figura 20. Gráfico Graph, análisis de los resultados obtenidos.

Fuente: López, 2020

En la Figura 20 se observó que en muestras de una capa de tejido de bambú y textiles técnicos obtuvieron mayor resistencia en sentido de urdido con respecto al sentido de trama, esto debido a que el tejido de bambú en sentido de urdido conserva hilos retorcidos título 21/4 Ne, mientras que la trama es hermanada con dos hilos título 21 Ne, proporcionando una diferencia de resistencia, además las muestras de textiles técnicos de una capa sufrieron una reducción en resistencia y elongación con respecto al tejido de bambú en una capa, debido a la aplicación de la resina (Dávila et al, 2011). En muestras de dos capas, se observa que la muestra de tejido de bambú tiene mayor resistencia que las muestras de textiles técnicos, sin embargo, la muestra

del textil técnico al 55% resina y 45% endurecedor no sufrió rotura alguna en su estructura superando los 5000 Newton de capacidad del dinamómetro, descubriendo que al aumentar más de una capa mejora su resistencia y elongación (Esparza et al, 2019). En muestras de tres capas, Se comparó las muestras ensayadas de tejido con los textiles técnicos se encontró que la resina aumentó la resistencia del tejido de bambú a partir del laminado de 3 capas, observado en el dinamómetro en el cual indicó que supero los 5000 Newton de resistencia.

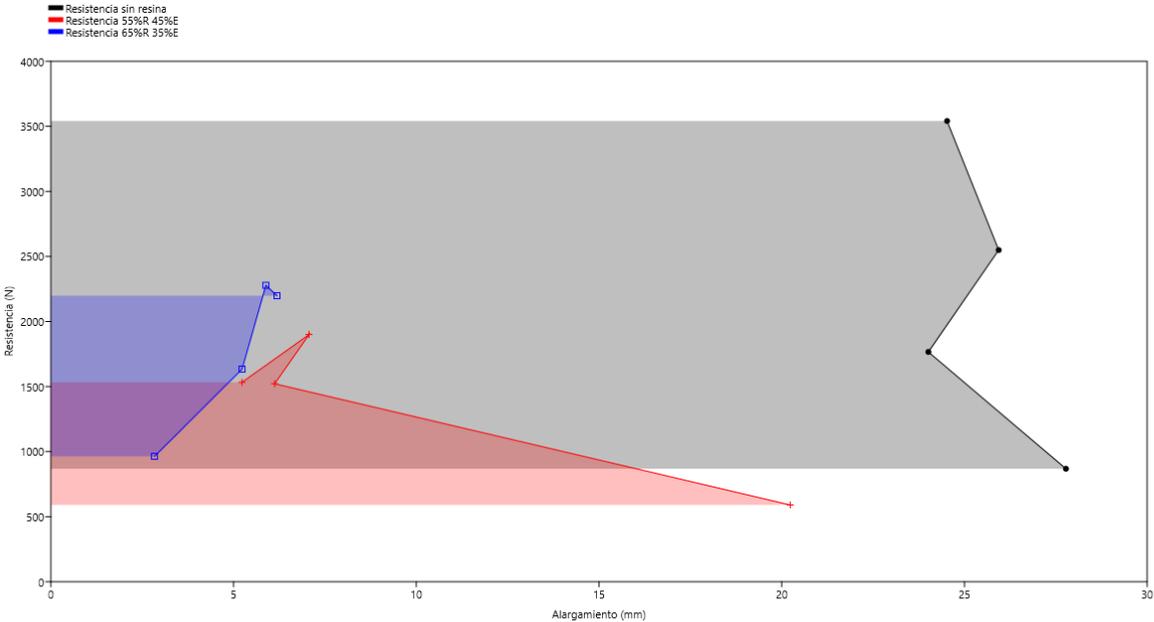


Figura 21. Gráfico XY graph, análisis de los resultados obtenidos.

Fuente: López, 2020

En el gráfico 21 se indica la variación del alargamiento a la rotura de las muestras en cada una de las pruebas ensayadas en el laboratorio y se encontró que las muestras de tejido de bambú de 1, 2 y 3 capas sin la aplicación de resina tuvo un mayor alargamiento, reagrupándose en un mismo cuadro demostrando una relación entre ellas, mientras que las muestras de textiles técnicos resultaron ser materiales con menos alargamiento, esto debido a que la resina

proporciona al tejido de bambú una estabilidad y un cuerpo rígido, cubriendo por una capa cristalina de cualquier factor externo (Dávila et al, 2011). Además, mediante la comparación entre las muestras de textiles técnicos se demostró que la combinación 55% resina epóxica y 45% endurecedor tiene mayor elongación que la combinación 65% resina y 35% endurecedor.

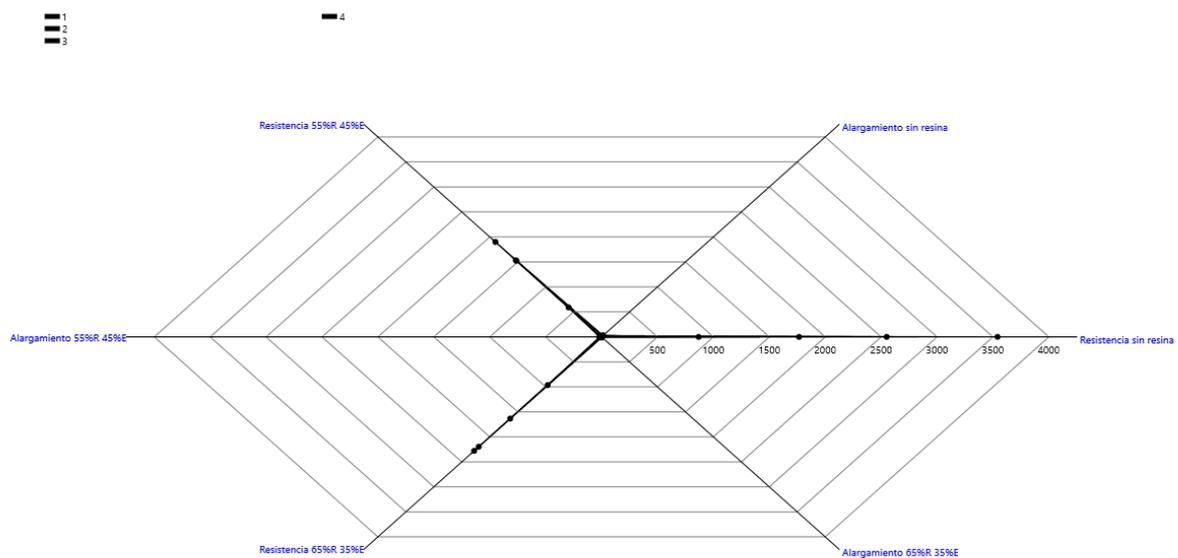


Figura 22. Gráfico Radar, análisis de los resultados obtenidos.

Fuente: López, 2020

Como se puede observar en figura 22, se analizó las muestras de tejido de bambú de tres capas sin la aplicación de resina cuyos valores están comprendidos entre 3300 a 4200 Newton, por lo que al aplicar la resina sobrepasó los 5000 Newton máximo del Dinamómetro Titan 5 que no se observó en el gráfico, resultando ser la muestra de textil técnico la más resistente de todas las muestras analizadas.

CAPITULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Con la elaboración del textil técnico se concluye que fue apto para las pruebas aplicadas con resina epóxica, mediante el tratamiento del tejido de bambú, realizado en un telar de lanzadera, de ligamento tafetán con gramaje 182.74 g/m^2 , con densidad: 28 hilos por urdido y 52 hilos en trama, elaborados con hilos hermanados de título 21Ne con 552 torsiones por metro en trama e hilos retorcidos título 21/4 Ne en urdido con 95 torsiones por metro en urdido.
- Para desarrollar las muestras de textiles técnicos empleando resina, se tomó en cuenta la relación tejido/resina detallada en la investigación de (Esparza et al, 2019) que aplicó en 11 g de tejido 52.8 g de resina epóxica, en la cual se determinó que fue una relación adecuada para la realización de las muestras ya que la resina formó una capa por ambos lados del tejido de bambú mejorando las propiedades.
- Para la elaboración de textiles técnicos con resina epóxica a partir de 2 capas se colocó las capas de tejido en sentido intercalado: urdido y trama, con el propósito de obtener la misma resistencia en las 4 direcciones del laminado. Como indica el [ANEXO J](#)
- Para el proceso de curado del textil técnico no se utilizó el horno de secado como recomiendan otras investigaciones similares, por lo contrario, se dejó reposar las muestras a temperatura ambiente por un tiempo de curado (secado) de 72 horas en un área adecuada libre de polvo e impurezas. Obteniendo materiales resistentes y ligeros (livianos) en comparación a los metales y el aluminio (Dávila et al, 2011).
- Para los ensayos de resistencia a la tracción y extensión a la rotura aplicadas a las probetas, se utilizaron 2 normas: para las probetas de tejido de bambú sin resina epóxica se aplicó la norma ISO 13934-1:2013 y para las probetas del laminado con resina se

aplicó la norma ISO 1421:2016, determinando que las probetas tienen su respectiva norma, la cual se cumplió los enunciados de las normas principalmente las dimensiones de las probetas: textil técnico (5x15cm) y tejido de bambú (10x15cm).

- Después de someter a ensayos de resistencia a las probetas de tejido de bambú y textiles técnicos, se concluye que las muestras elaboradas en sentido de urdido tuvieron mayor resistencia que las muestras en sentido de trama ya que los hilos de urdido son retorcidos de 4 cabos mientras los hilos de trama son hilos de un cabo, obteniendo una diferencia de resistencia en los dos sentidos.
- Se comparó las muestras ensayadas en el dinamómetro TITAN 5 de tejido de bambú con los textiles técnicos y se encontró que la resina aumentó la resistencia del tejido de bambú a partir del laminado de dos capas, mientras que en los laminados de una capa es menor la resistencia y la extensión porque presento grietas y micro orificios (Nava Gastelum, Siqueiros, Gonzales , Vega , & Mendoza, 2018).
- Mediante el análisis de las probetas en gráficos estadísticos se determinó que las probetas de los textiles técnicos de dos y tres capas con resina al 55% y endurecedor al 45% y textiles técnicos de tres capas con resina al 65% y endurecedor al 35%, que fueron sometidos a ensayos de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura, no sufrieron ninguna rotura o deformación porque sobrepasó los 5000 Newton máximo del Dinamómetro Titan 5. Concluyendo que estas muestras poseen valores mayores a 5000 Newton, siendo más resistentes que el tejido de bambú y comprobando que la aplicación de resina epóxica mejora la resistencia del textil.
- Mediante el análisis de los resultados obtenidos de los ensayos se determinó que los textiles técnicos elaborados con resina epóxica al 55% tienen más extensión (alargamiento a la rotura) que los textiles técnicos de resina epóxica al 65% (Gráfico 21, pag.51), siendo la mezcla ideal 55% de resina y 45% endurecedor.

5.2 Recomendaciones

- Para efecto de la presente investigación se recomienda la calibración correcta del equipo, para evitar datos incorrectos durante la medición y pérdidas de tiempo en la misma.
- Al elaborar el textil técnico, es indispensable utilizar la ropa adecuada y materiales de protección ya que la resina epóxica es un líquido viscoso que puede causar irritación a la piel y órganos del cuerpo.
- Se recomienda continuar el trabajo de investigación mediante el desarrollo de un laminado con tejido de ligamento sarga con diferentes títulos y torciones del hilo de bambú con el propósito de encontrar el comportamiento del laminado a pruebas de resistencia y elongación para comparar con los resultados de esta investigación.
- Considerar la investigación y aplicación de resinas naturales en la elaboración de textiles técnicos con fibra de bambú siguiendo el mismo proceso, para posteriormente comparar con textiles técnicos desarrollados con resinas epóxica, en cuanto a resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura.
- Caracterizar el textil técnico mediante ensayos de: flexibilidad, resistencia al fuego, impermeabilidad, compresión y otros, para obtener más conocimiento del textil técnico con miras a buscar nuevas aplicaciones de funcionalidad.
- Realizar los ensayos de textiles técnico de dos y tres capas en un dinamómetro de mayor capacidad que supere los 5000 Newton, debido que el dinamómetro existente en el laboratorio fue superado por estas muestras, la cual reflejo datos no reales y las probetas no sufrieron rotura.
- Se debe determinar el proceso adecuado para el manejo de residuos de resina epóxica, mediante el asesoramiento con profesionales especializados en el tema, con el propósito

de preservar y cuidar el ambiente, ya que los residuos de resina sin curar podrían ser altamente peligrosos.

6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Lucena, M., Suárez, A., & Zamudio*, I. (2009). DESARROLLO DE UN MATERIAL COMPUESTO A BASE DE FIBRAS DE BAMBÚ PARA APLICACIONES AERONÁUTICAS. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 1107-1114.
- Argote, J. I. (09 de Mayo de 2019). *Textiles técnicos: su aplicación en equipos de protección individual en el trabajo*. Obtenido de Interempresas Media, S.L.U. - Grupo Nova Àgora: <https://www.interempresas.net/Textil/Articulos/245191-Textiles-tecnicos-su-aplicacion-en-equipos-de-proteccion-individual-en-el-trabajo.html>
- Bustamante, R. (31 de Julio de 2017). *FUNDAMENTOS DEL DISEÑO EN EL TEJIDO PLANO*. Obtenido de apttperu: <http://apttperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>
- Cano López, R. (Junio de 2014). ENSAYO A COMPRESIÓN DE LAMINADOS UNIDIRECCIONAL CARBONO/EPOXY. UN ESTUDIO COMPARATIVO. (*Tesis de Ingeniería*). ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, Sevilla, España. Obtenido de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5370/fichero/Rafael_Cano_Lopez_PFC.pdf
- Chacón Ramírez, D. (Enero de 2012). Efecto del bambú laminado como refuerzo de vigas laminadas de Pino Radiata. (*tesis de licenciatura*). Instituto Tecnológico de Costa Rica. ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN, Cartago, Costa Rica. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2238/6221>
- Comité Económico y Social Europeo. (17 de Abril de 2013). Los textiles técnicos, motor de crecimiento. *Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre «Los textiles técnicos, motor de crecimiento» (Dictamen de iniciativa)*. Bruselas. Obtenido de <https://cdeuv.es/documentos/menudocuintern/item/11159-dictamen-comit%C3%A9-econ%C3%B3mico-y-social-europeo-los-textiles-t%C3%A9cnicos-motor-de-crecimiento.html>
- COTEC. (Mayo de 2014). *Textiles Técnicos*. Madrid, España: Fundación COTEC para la innovación tecnológica.

curiosoando.com. (26 de Noviembre de 2019). *¿Qué es un polímero? Definición, polimerización y ejemplos.* Obtenido de curiosoando.com: <https://curiosoando.com/que-es-un-polimero>

Dávila, J., Galeas, S., Guerrero, V., Pontón, P., Rosas Nelly, Sotomayor, V., & Valdivieso, C. (Diciembre de 2011). *NUEVOS MATERIALES: APLICACIONES ESTRUCTURALES E INDUSTRIALES.* Quito, Pichincha, Ecuador: QUITO/IMPREFEPP/ 2011. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4532>

Dietrich, A. B. (2005). *MATERIALES COMPUESTOS procesos de fabricación de embarcaciones.* Barcelona, España: Ediciones UPC.

Esparza, W., Chamorro, L., Rosero, E., & Herrera, W. (2019). Obtención de un textil técnico para rehabilitación utilizando tejido de bambú como resina. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del NORTE.

Estrada Mejía, M. (Enero de 2010). *Extracción y caracterización mecánica de las fibras de bambú (Guadua angustifolia) para su uso potencial como refuerzo de materiales compuestos.*

FLORES ANTAMBA, G. J. (2018). *ANÁLISIS DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE FIBRA TEXTIL REGENERADA A PARTIR DEL BAMBÚ.* (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador.

García Castillo, S. K. (2007). *Análisis de laminados de materiales compuestos con precarga en su plano y sometidos a impacto. (Tesis Doctoral).* Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Leganés, Madrid, España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10016/2368>

Gonzalez Chamorro, J. M. (23 de Marzo de 2011). *¿QUE ES UN MATERIAL COMPUESTO?* Obtenido de *ARQUITECTURA EN FIBRA DE CARBONO:* <https://arquitecturacarbono.wordpress.com/2011/03/23/%C2%BFque-es-un-material-compuesto/>

Guerrero, V. H., & Pontón, P. (2010). Obtención de Materiales Compuestos de Matriz Poliéster reforzados con Fibra de Abacá mediante Estratificación manual. *Revista Tecnológica ESPOL*, 47-54.

- Horrocks, A. R., & Anand, S. C. (2000). *HANDBOOK OF TECHNICAL TEXTILES*. INGLATERRA : The Textile Institute .
- Juiz, N. B. (Octubre de 2012). Fibra de bambú. (Una alternativa sustentable.). Palermo, Buenos Aires, Argentina . Obtenido de https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/catalogo_de_proyectos/detalle_proyecto.php?id_proyecto=1119&titulo_proyectos=Fibra%20de%20bamb%FA.
- Kumar, A., & Sastry, C. (6 de Noviembre de 1997). La Red internacional del bambú y el rotén. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/x2450s/x2450s0a.htm>
- laresinaepoxi.com. (s.f.). *¿Qué es la resina epóxica?* Obtenido de laresinaepoxi.com: <https://laresinaepoxi.com/resina-epoxica/>
- LLOG S.A. DE C.V. (2011). *Detección de discontinuidades en materiales compuestos*. Obtenido de [llogsa.com](http://www.llogsa.com): http://www.llogsa.com/Descargas/Ultratips/Ediciones/Utipsed_200.php
- LÓPEZ, G. S. (2019). "Industria textil, pobreza y "Moda-Re" en España: Conexiones". España.
- MARTINE, R. (23 de Agosto de 2016). *TEJIDO DE PUNTO Y PLANO*. Obtenido de ROMINA MARTINE: <http://rominamartire.com/tejido-de-punto-y-plano-romi-tips>
- Nava Gastelum, A., Siqueiros, M., Gonzales , B., Vega , Y., & Mendoza, I. (2018). Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de un material compuesto reforzado con fibras de carbono y las de su matriz polimérica de resina epóxica. *REVISTAMATERIA*.
- Navarro García, O. A., & Ramirez Zambrano, A. D. (2014). EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO REFORZADO CON FIBRA DE FIQUE Y FIBRA DE VIDRIO EN UNA MATRIZ DE RESINA EPÓXICA. *Proyecto de grado para optar al título de INGENIERO MECÁNICO*. UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE, Barranquilla, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/123456789/804>
- Pérez Zurita, M. M. (Abril de 2014). ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS DE LA EMPRESA TEXTILES TECNICOS. (*Tesis de Ingeniería*). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, Tungurahua, Ecuador.

- Pilataxi Vilatuña, A. R. (Enero de 2017). ANÁLISIS Y CÁLCULOS DE TELAS DE TEJIDO PLANO QUE SERVIRÁ DE BASE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE TEXTIL. (*tesis de pregrado*). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/635>
- Quintana , K., Hidalgo, M., & Muñoz, M. (5 de Agosto de 2011). DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNIONES DE MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ TERMOPLÁSTICO PARA BICICLETAS DE BAMBOO. Medellin, Colombia. Obtenido de http://laccei.org/LACCEI2011-Medellin/RefereedPapers/EM312_Quintana.pdf
- Rodríguez Galbarro, H. (2020). *Estudio de los Materiales Compuestos*. Obtenido de Ingemecanica.com: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn114.html>
- Salazar Chuquiana, B. R. (Julio de 2018). OBTENCIÓN Y CARACTERIZACION DE MATERIALES COMPUESTOS DE FIBRA DE VIDRIO MÁS RESINA POLIESTER CON INCLUSIÓN DE NANOTUBOS DE CARBONO MEDIANTE ARCO ELECTRICO. (*Tesis de pregrado*). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, Tungurahua, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28619>
- Sanjuán Gisbert, F. (22 de Diciembre de 2008). Estudio comparativo de productos laminados textiles. (*tesis de mater*). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Urbina, V. (12 de Julio de 2013). Elaboración de una Guía didáctica sobre un telar plano Saurer de pinzas S-400 para el montaje, nivelación, ajustes, calibración, funcionamiento y mantenimiento. (*tesis de pregrado*). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2308>
- Varalezo Jaramillo, L. E. (18 de Junio de 2013). Obtención experimental de un material biocompuesto a base de una matriz polimerica y reforzada con fibras naturales de guadua angustifolia proveniente del ecuador. (*Tesis de pregrado*). Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Zurita Angulo, L. M. (19 de Marzo de 2012). Desarrollo de textiles técnicos en laboratorio con características adecuadas para utilizar en la elaboración de zapatos de lona, en la Fábrica Textiles Industriales S.A. (TEIMSA). (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador.

7. ANEXOS

Anexo A. Análisis del hilo de bambú.



Fuente: López, 2020

- Proceso de elaboración del tejido de bambú.

Anexo B. Proceso de urdido



Fuente: López, 2020

Anexo C. Proceso de remetido en lizo y peine



Fuente: López, 2020

Anexo D. Proceso de tejido de bambú



Fuente: López, 2020

Anexo E. Análisis del tejido de bambú



Fuente: Lopez,2020

Anexo F. Tejido de bambú y resina epóxica



Fuente: Lopez,2020

Anexo G Materiales

<p>a) Brocha</p> 	<p>b) Planchas de vidrio de 28*25</p> 	<p>c) Recipientes plásticos</p> 
<p>d) Fundas plásticas</p> 	<p>e) Guantes quirúrgicos</p> 	<p>f) Vaselina</p> 
<p>g) Tijeras</p> 	<p>h) Rasqueta</p> 	<p>i) Agitador</p> 

Fuente: Lopez,2020

Anexo H. Balanza analítica



Fuente: Lopez,2020

Anexo I. Preparación de la resina.



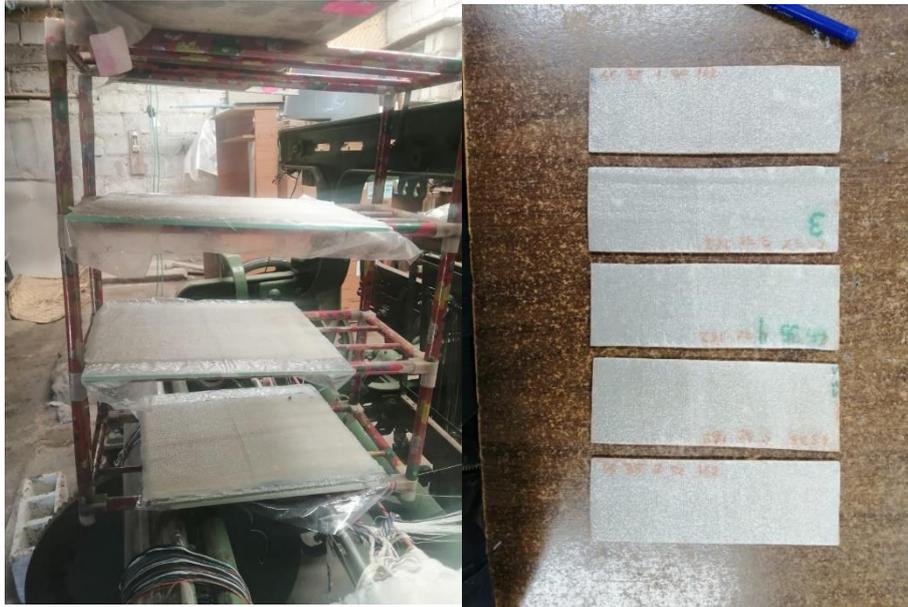
Fuente: Lopez,2020

Anexo J. Distribución de la resina por la superficie del tejido



Fuente: López, 2020

Anexo K. Muestras de tejido de bambú



Fuente: López, 2020

Anexo L. Dinamómetro titan 5



Fuente: López, 2020

Anexo M. Ficha técnica del tejido de bambú sentido trama

 Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 13934-1							
Laboratorio	Laboratorio Textil de la Universidad Técnica del Norte (Imbabura-Ecuador)						
Maquina	Universal Strength Tester						
Tipo o Modelo	TITAN 5						
Capacidad Máxima	5 000 N						
Material de Matriz	Resina	Resina	0%				
	Epóxica	Endurecedor	0%				
Material de refuerzo	Fibra de Bambú	Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)			
		Trama	21	552			
		Urdido	21/4	95			
		Tejido	Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m ²)			
		Tafetan	28 x 52	182,74			
Tipo de Laminado	Laminado de tejido						
Estratificación	Manual						
Medio de fabricación	Ambiente						
Peso	Matriz:	0,00%					
	Refuerzo:	100,00%					
Dimensiones de las probetas	Ancho:	10 cm					
	Longitud:	15 cm					
Número de probetas	5 validas						
Responsable	Sr. Edgar Lopez						
Probetas	# de capas	sentido	Área (cm ²)	peso (cm)	Gramaje (g/m ²)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)
1	1	trama	150	2,87	191,33	902,33	28,67
2	1	trama	150	2,93	195,33	848,31	26,33
3	1	trama	150	2,89	192,67	864,78	29,42
4	1	trama	150	2,93	195,33	872,5	27,3
5	1	trama	150	2,91	194,00	852,61	27,17
Promedio				2,91	193,73	868,11	27,78



Fuente: López, 2020

Anexo N. Ficha técnica del tejido de bambú en sentido trama

 Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 13934-1							
Laboratorio	Laboratorio Textil de la Universidad Tecnica del Norte (Imbabura-Ecuador)						
Maquina	Universal Strength Tester						
Tipo o Modelo	TITAN 5						
Capacidad Máxima	5 000 N						
Material de Matriz	Resina	resina					0%
	Epoxica	Endurecedor					0%
Material de refuerzo	Fibra de Bambu	Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)			
		Trama	21	552			
		Urdido	21/4	95			
		Tejido	Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m ²)			
		Tafetan	28 x 52	182,74			
Tipo de Laminado	Laminado de tejido						
Estratificación	Manual						
Medio de fabricación	Ambiente						
Peso	Matriz:	0,00%					
	Refuerzo:	0,00%					
Dimensiones de las probetas	Ancho:	10 cm					
	Longitud:	15 cm					
Número de probetas	5 validas						
Responsable	Sr. Edgar Lopez						
Probetas	# de capas	sentido	Area (cm ²)	peso (cm)	Gramaje (g/m ²)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)
1	1	Urdido	150	2,96	197,33	1756,2	23,74
2	1	Urdido	150	2,96	197,33	1711,39	23,95
3	1	Urdido	150	2,95	196,67	1710,46	23,98
4	1	Urdido	150	2,92	194,67	1841,36	24,32
5	1	Urdido	150	2,96	197,33	1812,03	24,07
Promedio				2,95	196,67	1766,29	24,01



Fuente: López, 2020

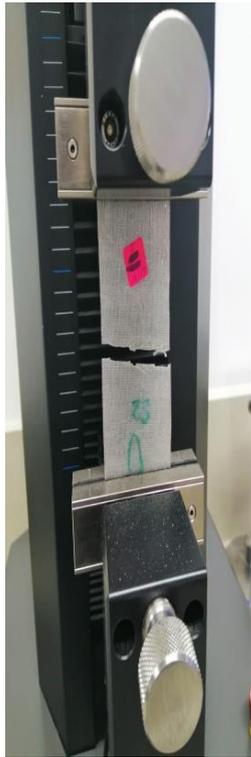
Anexo O. Ficha técnica del tejido de bambú en sentido trama y urdido

 Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 13934-1							
Laboratorio	Laboratorio Textil de la Universidad Técnica del Norte (Imbabura-Ecuador)						
Maquina	Universal Strength Tester						
Tipo o Modelo	TITAN 5						
Capacidad Máxima	5 000 N						
Material de Matriz	Resina Epoxica	Resina		0%			
		Endurecedor		0%			
Material de refuerzo	Fibra de Bambu	Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)			
		Trama	21	552			
		Urdido	21/4	95			
		Tejido	Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m2)			
		Tafetan	28 x 52	182,74			
Tipo de Laminado	Laminado de tejido						
Estratificación	Manual						
Medio de fabricación	Ambiente						
Peso	Matriz:		0,00%				
	Refuerzo:		100,00%				
Dimensiones de las probetas	Ancho:		10 cm				
	Longitud:		15 cm				
Número de probetas	5 válidas						
Responsable	Sr. Edgar Lopez						
Probetas	# de capas	sentido	Área (cm2)	peso (cm)	Gramaje (g/m2)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)
1	2	UT	150	5,97	398,00	2524,08	25,75
2	2	UT	150	5,87	391,33	2587,36	26,47
3	2	UT	150	5,86	390,67	2580,05	26,28
4	2	UT	150	6,00	400,00	2533,5	25,07
5	2	UT	150	5,89	392,67	2522,53	26,12
Promedio				5,92	394,53	2549,50	25,94



Fuente: López, 2020

Anexo P. Ficha técnica del tejido de bambú en sentido urdido, trama y urdido.

		Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 13934-1							
Laboratorio		Laboratorio Textil de la Universidad Técnica del Norte (Imbabura-Ecuador)							
Maquina		Universal Strength Tester							
Tipo o Modelo		TITAN 5							
Capacidad Máxima		5 000 N							
Material de Matriz		Resina		Resina		0%			
		Epoxica		Endurecedor		0%			
Material de refuerzo		Fibra de Bambu		Hilo		Títulos (Ne)			
				Trama		21		Torsiones (Tpm)	
				Urdido		21/4		552	
				Tejido		Densidad (hilo. plg.)		Gramaje (g/m2)	
				Tafetan		28 x 52		182,74	
Tipo de Laminado		Laminado de tejido							
Estratificación		Manual							
Medio de fabricación		Ambiente							
Peso		Matriz:		0,00%					
		Refuerzo:		100,00%					
Dimensiones de las probetas		Ancho:		10 cm					
		Longitud:		15 cm					
Número de probetas		5 validas							
Responsable		Sr. Edgar Lopez							
									
Probetas	# de capas	sentido	Área (cm2)	peso (cm)	Gramaje (g/m2)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)		
1	3	UTU	150	8,80	586,67	3415,99	23,31		
2	3	UTU	150	8,92	594,67	3615,39	27,49		
3	3	UTU	150	8,84	589,33	3335,8	22,87		
4	3	UTU	150	8,83	588,67	4169,06	28,8		
5	3	UTU	150	8,94	596,00	3168,62	20,15		
Promedio				8,87	591,07	3540,97	24,52		

Fuente: López, 2020

Anexo Q. Ficha técnica del textil técnico en sentido de trama con 55% de resina y 45% de endurecedor.

		Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 1421					
Laboratorio		Laboratorio Textil de la Universidad Tecnica del Norte (Imbabura-Ecuador)					
Maquina		Universal Strength Tester					
Tipo o Modelo		TITAN 5					
Capacidad Máxima		5 000 N					
Material de Matriz		Resina Epoxica		resina	55%		
				Endurecedor	45%		
Material de refuerzo		Fibra de Bambu		Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)	
				Trama	21	552	
				Urdido	21/4	95	
				Tejido	Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m2)	
		Tafetan	28 x 52	182,74			
Tipo de Laminado		Laminado de tejido					
Estratificación		Manual					
Medio de fabricación		Ambiente					
Peso		Matriz:		76,91%			
		Refuerzo:		23,09%			
Dimensiones de las probetas		Ancho:		5 cm			
		Longitud:		15 cm			
Número de probetas		5 validas					
Responsable		Sr. Edgar Lopez					
Probetas	# de capas	sentido	Area (cm2)	peso (cm)	Gramaje (g/m2)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)
1	1	trama	75	6,74	898,67	583,12	20,59
2	1	trama	75	6,74	898,67	593,28	21,09
3	1	trama	75	6,53	870,67	565,07	19,86
4	1	trama	75	6,67	889,33	625,78	20,53
5	1	trama	75	6,67	889,33	583,99	19,09
Promedio				6,67	889,33	590,25	20,23



Fuente: López, 2020

Anexo R. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido con 55% de resina y 45% de endurecedor

		Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 1421						
Laboratorio		Laboratorio Textil de la Universidad Tecnica del Norte (Imbabura-Ecuador)						
Maquina		Universal Strength Tester						
Tipo o Modelo		TITAN 5						
Capacidad Máxima		5 000 N						
Material de Matriz		Resina		resina		55%		
		Epoxica		Endurecedor		45%		
Material de refuerzo		Fibra de Bambu		Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)		
				Trama	21	552		
				Urdido	21/4	95		
		Tejido		Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m2)			
		Tafetan		28 x 52	182,74			
Tipo de Laminado		Laminado de tejido						
Estratificación		Manual						
Medio de fabricación		Ambiente						
Peso		Matriz:		73,53%				
		Refuerzo:		22,47%				
Dimensiones de las probetas		Ancho:		5 cm				
		Longitud:		15 cm				
Número de probetas		5 validas						
Responsable		Sr. Edgar Lopez						
Probetas	# de capas	sentido	Area (cm2)	peso (cm)	Gramaje (g/m2)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)	
1	1	Urdido	75	7,16	954,67	1458,29	6,73	
2	1	Urdido	75	7,05	940,00	1429,21	5,7	
3	1	Urdido	75	7,21	961,33	1546,8	5,87	
4	1	Urdido	75	7,14	952,00	1640,62	6,45	
5	1	Urdido	75	7,14	952,00	1533,95	5,87	
Promedio				7,14	952,00	1521,77	6,12	



Fuente: Lopez,2020

Anexo S. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido y trama con 55% de resina y 45% de endurecedor.

		Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 1421						
Laboratorio		Laboratorio Textil de la Universidad Tecnica del Norte (Imbabura-Ecuador)						
Maquina		Universal Strength Tester						
Tipo o Modelo		TITAN 5						
Capacidad Máxima		5 000 N						
Material de Matriz		Resina		resina		55%		
		Epoxica		Endurecedor		45%		
Material de refuerzo		Fibra de Bambu		Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)		
				Trama	21	552		
				Urdido	21/4	95		
		Tejido		Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m2)			
		Tafetan		28 x 52	182,74			
Tipo de Laminado		Laminado de tejido						
Estratificación		Manual						
Medio de fabricación		Ambiente						
Peso		Matriz:		79,36%				
		Refuerzo:		20,64%				
Dimensiones de las probetas		Ancho:		5 cm				
		Longitud:		15 cm				
Número de probetas		5 validas						
Responsable		Sr. Edgar Lopez						
Probetas	# de capas	sentido	Area (cm2)	peso (cm)	Gramaje (g/m2)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)	
1	2	TU	75	13,82	1842,67	2022,22	7,29	
2	2	TU	75	13,45	1793,33	2029,39	7,62	
3	2	TU	75	14,75	1966,67	1782,67	6,89	
4	2	TU	75	14,77	1969,33	1765,52	6,48	
5	2	TU	75	14,63	1950,67	1898,4	7,04	
Promedio				14,28	1904,53	1899,64	7,06	



Fuente: López, 2020

Anexo T. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido, trama y urdido con 55% de resina y 45% de endurecedor.

		Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 1421					
Laboratorio		Laboratorio Textil de la Universidad Técnica del Norte (Imbabura-Ecuador)					
Maquina		Universal Strength Tester					
Tipo o Modelo		TITAN 5					
Capacidad Máxima		5 000 N					
Material de Matriz		Resina		resina		55%	
		Epoxica		Endurecedor		45%	
Material de refuerzo		Fibra de Bambu		Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)	
				Trama	21	552	
				Urdido	21/4	95	
				Tejido	Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m2)	
				Tafetan	28 x 52	182,74	
Tipo de Laminado		Laminado de tejido					
Estratificación		Manual					
Medio de fabricación		Ambiente					
Peso		Matriz:		81,09%			
		Refuerzo:		18,91%			
Dimensiones de las probetas		Ancho:		5 cm			
		Longitud:		15 cm			
Número de probetas		5 validas					
Responsable		Sr. Edgar Lopez					
Probetas	# de capas	sentido	Area (cm2)	peso (cm)	Gramaje (g/m2)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)
1	3	UTU	75	22,96	3061,33	1629,61	5,31
2	3	UTU	75	25,51	3401,33	1563,72	5,11
3	3	UTU	75	22,68	3024,00	1512,38	5,37
4	3	UTU	75	25,57	3409,33	1429,22	5,13
5	3	UTU	75	25,13	3350,67	1526,07	5,22
Promedio				24,37	3249,33	1532,20	5,23



Fuente: López, 2020

Anexo U. Ficha técnica del textil técnico en sentido de trama con 65% de resina y 35% de endurecedor.

		Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 1421					
Laboratorio		Laboratorio Textil de la Universidad Tecnica del Norte (Imbabura-Ecuador)					
Maquina		Universal Strength Tester					
Tipo o Modelo		TITAN 5					
Capacidad Máxima		5 000 N					
Material de Matriz		Resina		resina	65%		
		Epoxica		Endurecedor	35%		
Material de refuerzo		Fibra de Bambu		Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)	
				Trama	21	552	
				Urdido	21/4	95	
		Tejido		Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m2)		
		Tafetan		28 x 52	182,74		
Tipo de Laminado		Laminado de tejido					
Estratificación		Manual					
Medio de fabricación		Ambiente					
Peso		Matriz:		78,30%			
		Refuerzo:		21,70%			
Dimensiones de las probetas		Ancho:		5 cm			
		Longitud:		15 cm			
Número de probetas		5 validas					
Responsable		Sr. Edgar Lopez					
Probetas	# de capas	sentido	Area (cm2)	peso (cm)	Gramaje (g/m2)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)
1	1	trama	75	7,19	958,67	865,27	2,72
2	1	trama	75	7,65	1020,00	933,9	2,8
3	1	trama	75	7,50	1000,00	986,6	2,79
4	1	trama	75	6,82	909,33	1032,96	2,94
5	1	trama	75	7,61	1014,67	998,5	2,93
Promedio				7,35	980,53	963,45	2,84



Fuente: López, 2020

Anexo V. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido con 65% de resina y 35% de endurecedor.

		Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 1421						
Laboratorio		Laboratorio Textil de la Universidad Tecnica del Norte (Imbabura-Ecuador)						
Maquina		Universal Strength Tester						
Tipo o Modelo		TITAN 5						
Capacidad Máxima		5 000 N						
Material de Matriz		Resina		resina	55%			
		Epoxica		Endurecedor	45%			
Material de refuerzo		Fibra de Bambu		Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)		
				Trama	21	552		
				Urdido	21/4	95		
		Tejido		Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m2)			
		Tafetan		28 x 52	182,74			
Tipo de Laminado		Laminado de tejido						
Estratificación		Manual						
Medio de fabricación		Ambiente						
Peso		Matriz:		78,83%				
		Refuerzo:		21,17%				
Dimensiones de las probetas		Ancho:		5 cm				
		Longitud:		15 cm				
Número de probetas		5 validas						
Responsable		Sr. Edgar Lopez						
Probetas	# de capas	sentido	Area (cm2)	peso (cm)	Gramaje (g/m2)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)	
1	1	Urdido	75	7,32	976,00	1493,7	5,13	
2	1	Urdido	75	7,15	953,33	1681,46	4,96	
3	1	Urdido	75	7,31	974,67	1696,47	5,23	
4	1	Urdido	75	7,59	1012,00	1731,93	5,37	
5	1	Urdido	75	7,76	1034,67	1567,21	5,47	
Promedio				7,43	990,13	1634,15	5,23	



Fuente: López, 2020

Anexo W. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido y trama con 65% de resina y 35% de endurecedor.

		Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 1421						
Laboratorio		Laboratorio Textil de la Universidad Tecnica del Norte (Imbabura-Ecuador)						
Maquina		Universal Strength Tester						
Tipo o Modelo		TITAN 5						
Capacidad Máxima		5 000 N						
Material de Matriz		Resina		resina		55%		
		Epoxica		Endurecedor		45%		
Material de refuerzo		Fibra de Bambu		Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)		
				Trama	21	552		
				Urdido	21/4	95		
		Tejido		Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m2)			
		Tafetan		28 x 52	182,74			
Tipo de Laminado		Laminado de tejido						
Estratificación		Manual						
Medio de fabricación		Ambiente						
Peso		Matriz:		78,34%				
		Refuerzo:		21,66%				
Dimensiones de las probetas		Ancho:		5 cm				
		Longitud:		15 cm				
Número de probetas		5 validas						
Responsable		Sr. Edgar Lopez						
Probetas	# de capas	sentido	Area (cm2)	peso (cm)	Gramaje (g/m2)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)	
1	2	UT	75	14,82	1976,00	2222,4	5,14	
2	2	UT	75	14,22	1896,00	2028,03	4,55	
3	2	UT	75	14,13	1884,00	2217,73	6,37	
4	2	UT	75	14,52	1936,00	2387,02	6,4	
5	2	UT	75	14,59	1945,33	2536,04	6,96	
Promedio				14,46	1927,47	2278,24	5,88	



Fuente: Lopez,2020

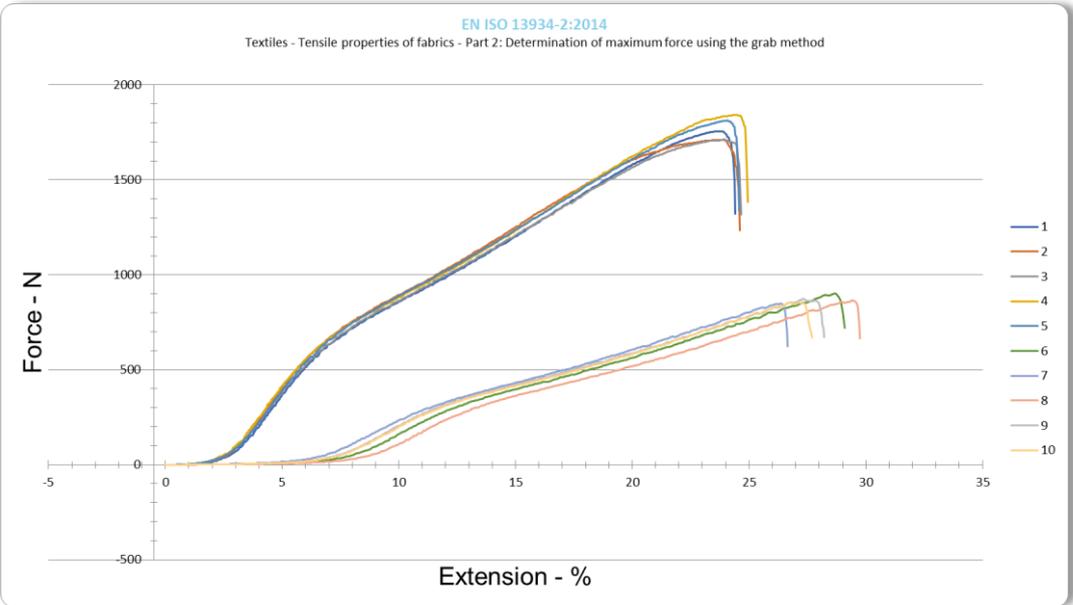
Anexo X. Ficha técnica del textil técnico en sentido de urdido, trama y urdido con 65% de resina y 35% de endurecedor.

		Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería Textil Norma ISO 1421					
Laboratorio		Laboratorio Textil de la Universidad Tecnica del Norte (Imbabura-Ecuador)					
Maquina		Universal Strength Tester					
Tipo o Modelo		TITAN 5					
Capacidad Máxima		5 000 N					
Material de Matriz		Resina		resina	55%		
		Epoxica		Endurecedor	45%		
Material de refuerzo		Fibra de Bambu		Hilo	Titulo (Ne)	Torsiones (Tpm)	
				Trama	21	552	
				Urdido	21/4	95	
				Tejido	Densidad (hilo. plg.)	Gramaje (g/m2)	
				Tafetan	28 x 52	182,74	
Tipo de Laminado		Laminado de tejido					
Estratificación		Manual					
Medio de fabricación		Ambiente					
Peso		Matriz:		76,91%			
		Refuerzo:		23,09%			
Dimensiones de las probetas		Ancho:		5 cm			
		Longitud:		15 cm			
Número de probetas		5 validas					
Responsable		Sr. Edgar Lopez					
Probetas	# de capas	sentido	Area (cm2)	peso (cm)	Gramaje (g/m2)	Maximum Force (N)	Elongation at Max. Force (%)
1	3	UTU	75	23,13	3084,00	2275,58	5,99
2	3	UTU	75	22,18	2957,33	2248,19	6,39
3	3	UTU	75	23,05	3073,33	2250,67	6,39
4	3	UTU	75	23,58	3144,00	2030,55	5,55
5	3	UTU	75	21,59	2878,67	2183,54	6,63
Promedio				22,71	3027,47	2197,71	6,19



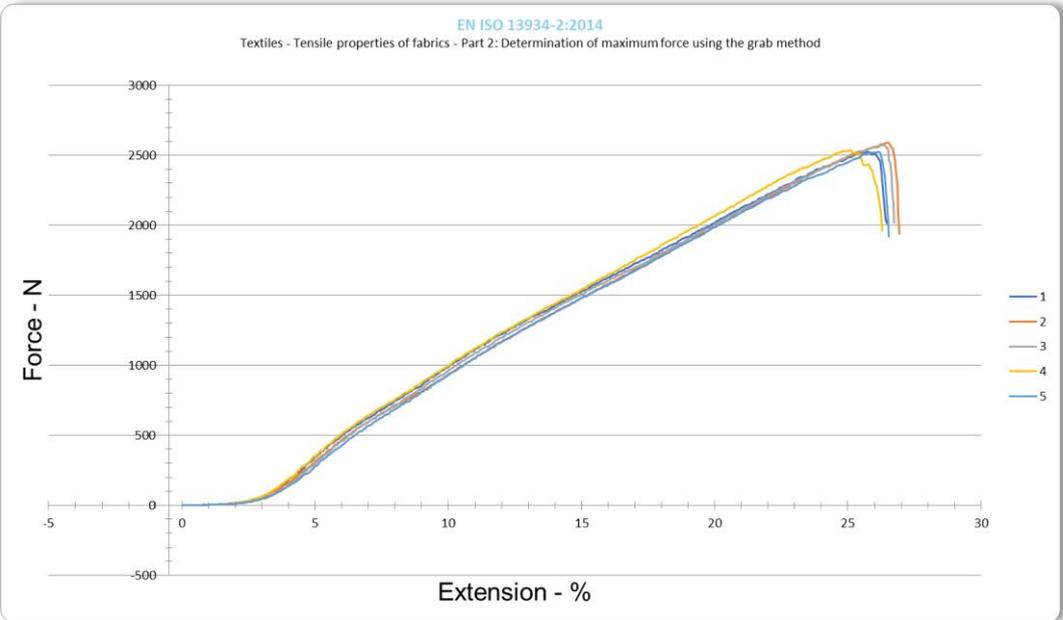
Fuente: Lopez,2020

Anexo Y. Resistencia y alargamiento de una capa de tejido de bambú sin resina epoxica.



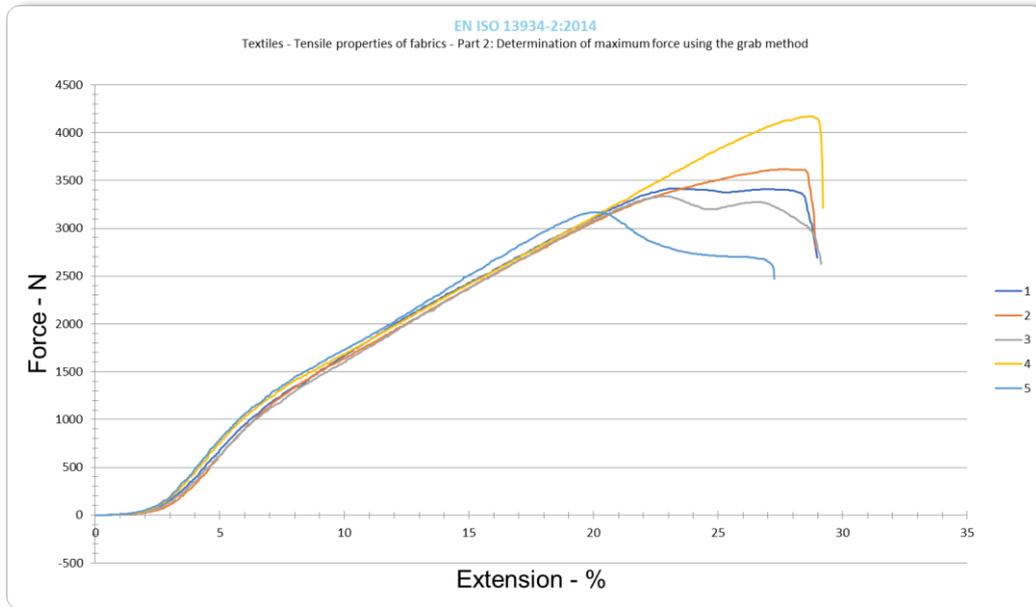
Fuente: Laboratorio Textil UTN, 2020

Anexo Z. Resistencia y alargamiento de dos capas de tejido de bambú sin resina epóxica.



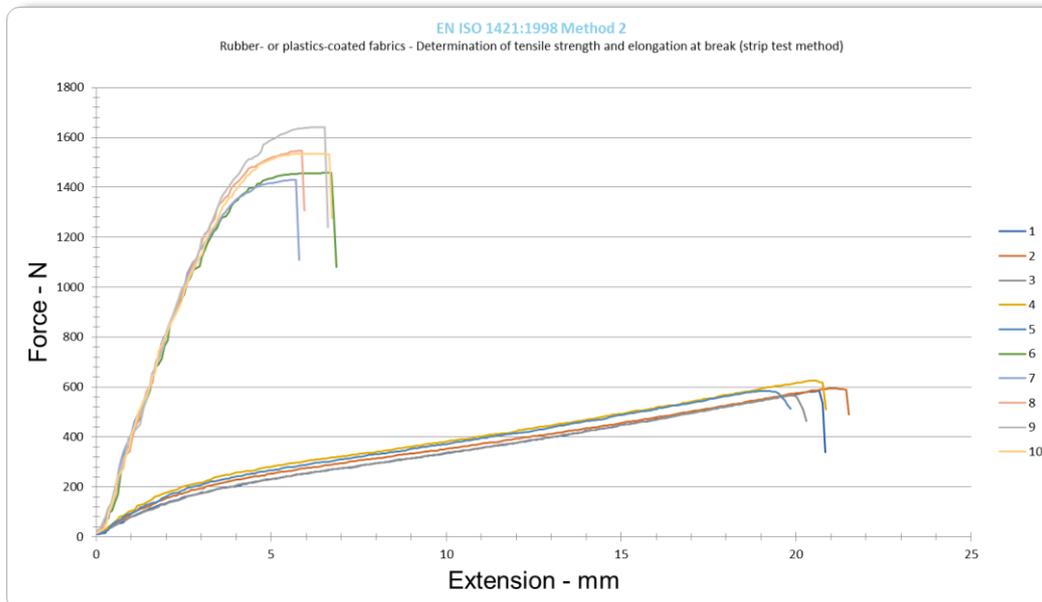
Fuente: Laboratorio Textil UTN, 2020

Anexo AA. Resistencia y alargamiento de tres capas de tejido de bambú sin resina epóxica.



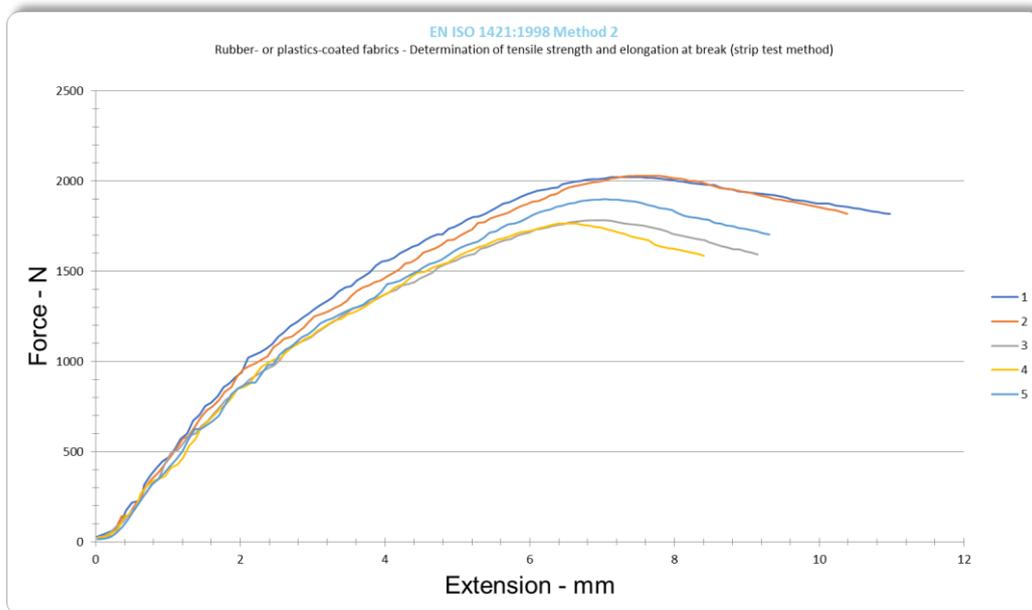
Fuente: Laboratorio Textil UTN, 2020

Anexo BB. Resistencia y alargamiento de una capa de tejido de bambú con 55% de resina epoxica y 45% de endurecedor en sentido trama y urdido.



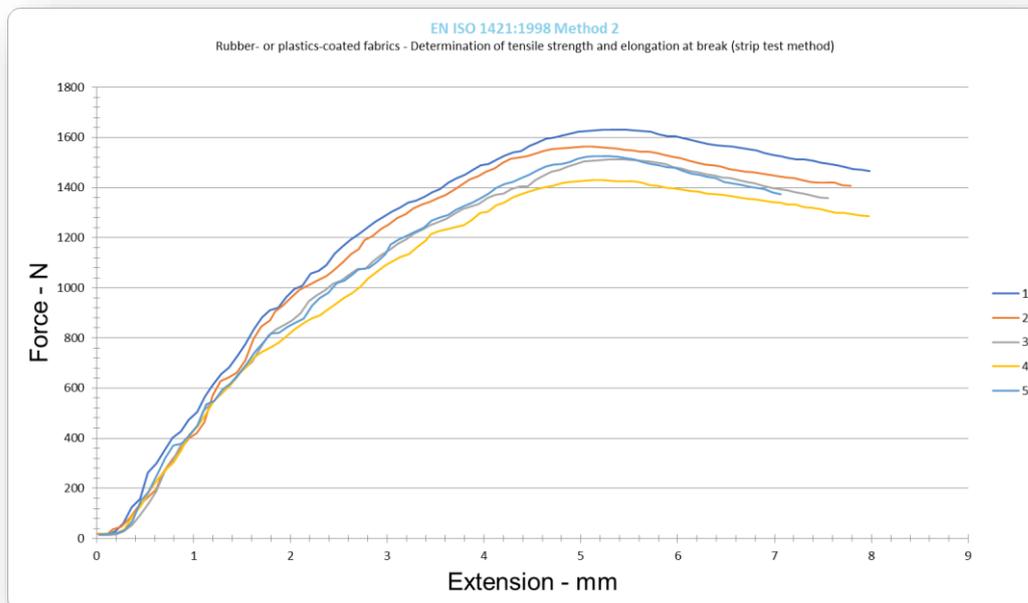
Fuente: Laboratorio Textil UTN, 2020

Anexo CC. Resistencia y alargamiento de dos capas de tejido de bambú con 55% de resina epoxica y 45% de endurecedor.



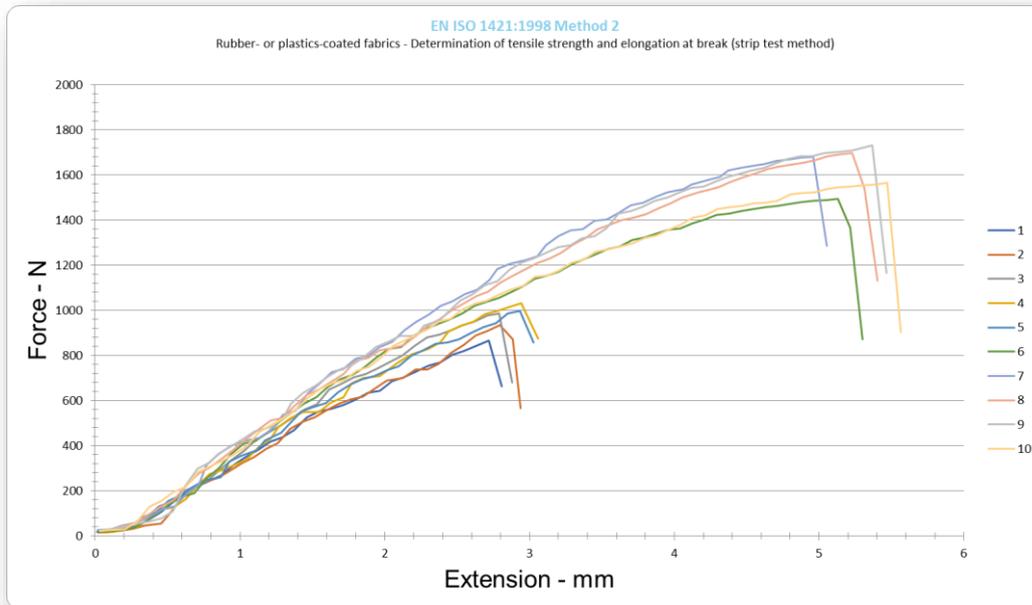
Fuente: Laboratorio Textil UTN, 2020

Anexo DD. Resistencia y alargamiento de tres capas de tejido de bambú con 55% de resina epoxica y 45% de endurecedor.



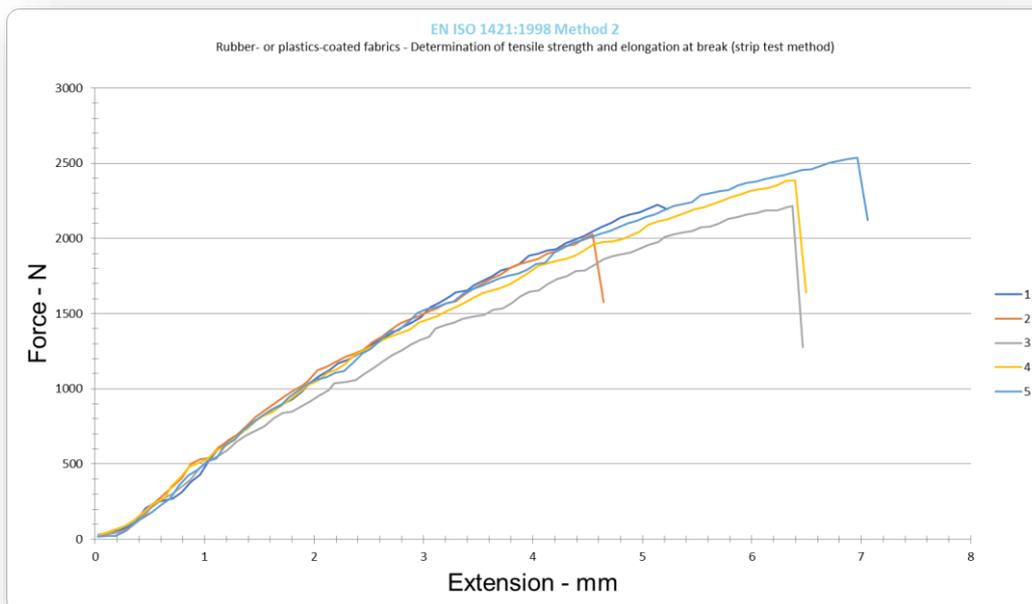
Fuente: Laboratorio Textil UTN, 2020

Anexo EE. Resistencia y alargamiento de una capa de tejido de bambú con 65% de resina epoxica y 35% de endurecedor en sentido trama y urdido.



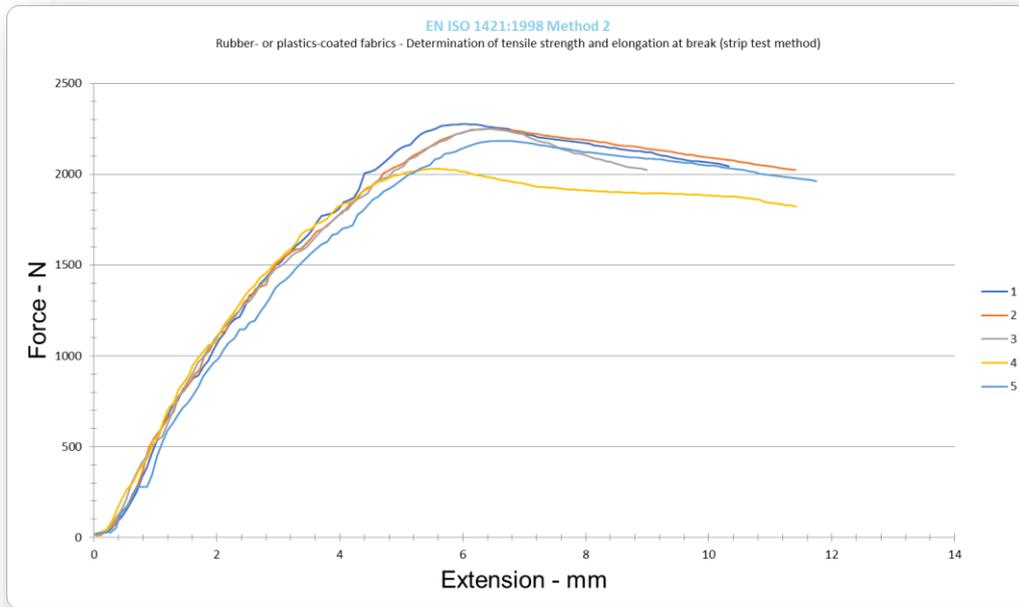
Fuente: Laboratorio Textil UTN, 2020

Anexo FF. Resistencia y alargamiento de dos capas de tejido de bambú con 65% de resina epoxica y 35% de endurecedor.



Fuente: Laboratorio Textil UTN, 2020

Anexo GG. Resistencia y alargamiento de tres capas de tejido de bambú con 65% de resina epoxica y 35% de endurecedor.



Fuente: Laboratorio Textil UTN, 2020