



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Producción de material biocompuesto mecánicamente estable a partir del  
vulcanizado de caucho natural con fibra de cabuya, Lima 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

ingeniería ambiental

AUTOR:

Olimpia Villagaray Crisóstomo

ASESOR:

Suarez Alvites Alejandro PhD

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) Villagaray Crisostomo, Olimpia; cuyo título es: "Producción de material biocompuesto mecánicamente estable a partir del vulcanizado de caucho natural con fibra de cabuya, Lima 2018"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 13 (número) trece letras).

Lima Este (o Filial) 18 de julio del 2018.



.....  
EDUARDO ROMALD ESPINOZA FARFAN  
PRESIDENTE



.....  
JOSÉ ELOY CUELLAR BAUTISTA  
SECRETARIO



.....  
FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI  
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

### **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a Mis padres por darme la vida, por su apoyo en la vida, Para Edwin Huamán quien ha estado todo este tiempo en que he trabajado en el desarrollo del tesis y a mis hermanas(o).

### **Agradecimientos**

Para ING. Alejandro Suarez por su apoyo en el desarrollo tesis, y mis profesores de la universidad por brindar sus conocimiento gracias a todo ellos por creer en mí.

### **Declaratoria de autenticidad**

Yo Olimpia Villagaray Crisóstomo con DNI N°42365584, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela Profesional de escuela de ingeniería ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 18 de Julio de 2018



---

Olimpia Villagaray Crisóstomo  
DNI: 42365584

## Presentación

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “producción de material biocompuesto mecánicamente estable a partir de vulcanizado de caucho natural con fibra de cabuya, Lima 2018” cuyo objetivo fue obtener un material biocompuesto mecánicamente estable a partir de caucho natural con la fibra de cabuya a partir vulcanizado que se sometió a una muestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniería ambiental. La investigación consta de siete capítulos. En el primer capítulo introducción en este capítulo se detalla realidad problemático, los antecedentes de los investigados, la formulación de problema general, justificación del estudio, hipótesis y objetivo general.

En segundo capítulo el uso de metodología como diseño factoría  $2^k$  (MSR), operacional de variable, se muestra la población y muestra, y se plantea técnica e instrumento de recojo de dato, método de análisis de datos también se refiere al aspecto ético.

En tercer capítulo el resultado se presenta cuadrados y tablas y figuras estadísticas y luego se realizó la prueba de hipótesis

En cuarto capítulo la discusión donde se detalla los resultados obtenidos de la investigación con la teoría y antecedentes del mencionado en el primer capítulo

En Quinto capítulo se realizó conclusiones aquí se representa los hallazgos encontrados en la investigación

En sexto capítulo recomendaciones aquí surgen nuevos trabajos de investigación

Séptima capítulo son las referencias aquí se presentó las fuentes de los autores de acuerdo a la norma de ISO 690 y 690-2 y anexos



---

Olimpia Villagaray Crisóstomo

DNI: 42365584

## Resumen

El desarrollo de este proyecto concluyo satisfactoriamente ya que se obtuvo un material biocompuesto mecánicamente estable, luego del vulcanizado de látex de caucho natural con fibras de cabuya y otros aditivos requeridos en los procesos convencionales. El diseño de experimentos multifactorial  $2^k$  fue usado para obtener altos rendimientos de la vulcanización medidos a través de la resistencia a la tracción y la elongación. En una primera fase de experimentación el material obtenido mostro una resistencia a la tracción de 6.0 MPa, en una segunda fase posterior a la modificación de la cantidades de látex y de fibras de cabuya el material obtenido alcanzo mayor resistencia e igual a 7.0 MPa. Para estos experimentos, la deformación en el punto de ruptura se incrementó dramáticamente de 27.4% a 251%. Las masas utilizadas fueron 70 gramos de fibra y 125 g de látex. Los experimentos demuestran que cuando simultáneamente se redujo el contenido de látex y se incrementó la cantidad de fibra, la resistencia a la tracción disminuyo significativamente. El mismo efecto se aprecia con la deformación en el punto de ruptura o elongación. Aun no existen trabajos donde la fibra de cabuya es entrelazada formando mallas triangulares que sirvan de estructura básica de soporte para el reencauchado con látex, similar a lo que se ensambla en gomas para vehículos.

**Palabras clave:** caucho natural, fibra de cabuya, vulcanización, resistencia a la tracción, tensión.

## Abstract

The goals of this project was successfully achieved by gathering a mechanically stable biocomposite material, it was after the vulcanization of natural rubber latex with cabuya fibers and other additives required in conventional processes. The multifactorial  $2^k$  experimental design was used to obtain high vulcanization yields measured through tensile strength and elongation. In a first phase of experiments the material obtained showed a tensile strength of 6.0 MPa, while in a second phase of experiments, after the modification of the quantities of latex and fibers of cabuya, the composite reached greater resistance and equal to 7.0 MPa. For these experiments, the deformation at the point of rupture, strain, increased dramatically from 27.4% to 251%. The masses used were 70 grams and 125 g of latex. The experiments show that when the latex content were reduced and simultaneously the amount of fiber increased, then the tensile strength decreased significantly. The same effect is seen with the strain at the point of rupture. There are still no jobs of research where the fiber of cabuya is interlaced forming triangular meshes that serve as the basic support structure for retreading with latex, similar to what is assembled in rubber for vehicles to increase the tensile strength.

**Keywords:** Natural Rubber, Fibers of Cabuya, Vulcanization, Tensile Strength, strain

## Índice general

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática.....	2
1.2 Trabajos previos.....	3
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	5
<b>1.3.1</b> Material biocompuesto.....	5
a) Fibra natural como refuerzo.....	5
c) Caucho natural.....	8
<b>1.3.2</b> Vulcanización.....	10
<b>1.3.3</b> Propiedades de los materiales biocompuesto.....	12
a) Propiedad Mecánica.....	12
1.4 Formulación del problema.....	13
1.4.1 problema general.....	13
1.4.2 Problemas específicos.....	13
1.5 Justificación del estudio.....	14
<b>1.5.1</b> Justificación teórica.....	14
<b>1.5.2</b> Justificación metodológica.....	15
<b>1.5.3</b> Justificación tecnológica.....	15
<b>1.5.4</b> Justificación económica.....	15
1.6 Hipótesis.....	16
<b>1.6.1</b> Hipótesis general.....	16
<b>1.6.2</b> Hipótesis específicas.....	16
1.7 Objetivos.....	16
<b>1.7.1</b> Objetivo general.....	16
<b>1.7.2</b> Objetivos específicos.....	16
II. MÉTODO.....	17
2.1 Diseño de la investigación.....	18
<b>2.1.1</b> Diseño Experimental.....	18

2.1.2	Método de Superficie de Respuesta.....	18
2.1.3	Procedimiento del Experimento.....	21
a)	Tratamiento de fibra de cabuya .....	23
2.2	Variables, operacionalizacion.....	27
2.2.1	Variables.....	27
2.2.2	Operacionalizacion de las variables .....	27
2.2.3	<i>Matriz de operacionalizacion de las variables</i> .....	28
2.3	Población y muestra.....	29
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad 29	
a)	Técnica recolección de datos.....	29
b)	Instrumento de recolección de datos .....	29
2.4.1	Valides y Confiabilidad .....	29
2.5	Método de análisis de datos.....	30
2.6	Aspectos Éticos.....	30
III.	RESULTADOS .....	31
3.1	Datos experimentales.....	32
3.1.1	Resultado de las mediciones de tracción. ....	32
3.1.2	Influencia de la cantidad de fibra de cabuya y caucho natural en la resistencia a la tracción:.....	37
a)	Modelo en forma de regresión de segundo orden para el diseño factorial propuesta .....	37
c)	Calculo de análisis de varianza.....	40
IV.	DISCUSIÓN.....	43
V.	CONCLUSIONES .....	43
VI.	RECOMENDACIONES.....	46
VII.	REFERENCIAS .....	47
VIII.	ANEXOS.....	51

## Índice de tablas

Tabla 1	módulo tipo de características de fibras como a la tracción .....	5
Tabla 2	Botánica de fibra de cabuya.....	6
Tabla 3	Taxonómica .....	7
Tabla 4	Característica físicas de fibra de cabuya .....	8
Tabla 5	Composición química de la fibra .....	8
Tabla 6	Composición estructural de celulosa del caucho natural .....	11
Tabla 7	Listado de experimentos mostrando la cantidad de fibra de cabuya y de caucho natural propuesto para el proyecto .....	18
Tabla 8	Listado de experimentos mostrando la cantidad de fibra de cabuya y de caucho natural propuesto para el experimento .....	19
Tabla 9	Resultados preliminares de tracción según la norma técnica ASTMD412,.....	35
Tabla 10	Resultados Finales de tracción según la norma técnica ASTMD412,36	

## Índice de figuras

Figura 1	Estructuras encontradas caucho natural .....	10
Figura 2	Estructura de vulcanización .....	11
Figura 3	Punto de Réplica de la Muestra.....	19
Figura 4	Punto de Réplica de la Segunda Muestra .....	20
Figura 5	Ensayo de tracción de la muestra.....	33
Figura 6	Datos de cantidad de caucho y de fibra de cabuya relacionado con la resistencia de tracción de 18 muestras .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Índice de anexos

Anexos 1	. Matriz de consistencia .....	51
Anexos 2	Instrumento de recojo de datos .....	52
Anexos 3	Instrumento de recojo de datos .....	53
Anexos 4	Instrumentos de Validación .....	54

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se comercializa materiales geo sintéticos para diferentes aplicaciones, estos materiales están fabricados a partir de compuesto de derivado de petróleo, es un recurso no renovable. En esta investigación se han propuesto crear materiales biocompuesto basado en caucho natural, y fibra de cabuya, como recursos renovables de bajo costo.

En esta investigación se generó una nueva material biocompuesto a partir de caucho y de fibra de cabuya que tienen características flexibles, resistencia a la ruptura, resistencia a la tracción y elongación, siendo una nueva alternativa, ya que está elaborada con materiales biodegradables, con el fin de evitar los impactos ambientales.

Chreyl, 2016 produjo un material biocompuesto vulcanizando caucho natural con fibras de bagazo de caña de azúcar, el material resultante demostró tener un excelente resistencia a la tracción e igual a 3.0 MPa el método usado para caracterizar las propiedades mecánicas fue ASTM D412.y para ello utilizo el equipo Universal ZWD Rolls. El material fue obtenido controlando el proceso Con la temperatura constante de 120°C y con presión constante de 2000 psi.

Otros aditivos fueron utilizados durante el proceso de vulcanizado convencional con azufre. En este proyecto se utilizó los mismos aditivos y sus cantidades se mantuvieron constantes.

## 1.1 Realidad problemática

La gran mayoría de los materiales compuestos utilizados comúnmente son sintéticos ya que provienen de los derivados del petróleo, por lo tanto estos materiales tienen una durabilidad alta; como en caso de geo-membrana, pero a la vez influye directamente en el consumo de recursos no renovables. Además resultan en materiales resistentes a la biodegradación; como los recubrimientos de pisos y recubrimiento de muros. Por estos motivos se busca sustituirlos por materiales que provienen de recursos naturales renovables como son el caucho natural y la cabuya para obtener las aplicaciones similares a los polímeros sintéticos.

El uso generalizado de estos materiales en aplicaciones convencionales puede crear una demanda para productos naturales como el caso en fibra de cabuya y otras resinas que provienen de las plantas. Esto obligaría a reinstalar plantaciones de caucho y planificar un sembrío de cabuya, con el efecto directo de mejorar nuestro ambiente y hacerla sostenible para muchas generaciones.

Muchos estudios fueron realizados en la vulcanización de caucho natural con fibras naturales; no obstante, no existe evidencia de trabajo realizado en la vulcanización de caucho natural con la fibra de cabuya. La cabuya es una planta nativa de la región alto andino y se propaga en forma natural y no requiere cuidado agrícola; esta planta tiene una extraordinaria capacidad de sobrevivencia cuando se poda, y sobrevive con poca humedad en el suelo.

La cabuya muestra un follaje de fibras extendidas y resultan como excelente candidato para reforzar al caucho natural bajo el posible efecto de vulcanización (esparzo, andrian.2013pp 35). Posterior al beneficio de las fibras de la cabuya no se crean residuos, usualmente las hojas de las cuales se extrajo la fibra, quedan formando parte del tronco y se regeneran. Debido a que no existe información sobre la vulcanización de caucho natural con la fibra de cabuya, en este proyecto se propone el mecanismo convencional de vulcanizado para obtener un biocompuesto con alta estabilidad mecánica.

Toda vez que se obtenga el biocompuesto mencionado, se puede sustituir parcialmente o totalmente al caucho sintético, que se usa en la fabricación de geo membrana y otras aplicaciones.

## 1.2 Trabajos previos

GARCIA, c. (2016) fue sustentado en la universidad cesar vallejo- facultad de ingeniería ambiental se planeó como objetivo lograr un material biocompuesto a partir de bagazo de caña de azúcar y caucho natural que podría reemplazar el plástico. Esta investigación busca adquirir conocimientos acerca de fibra de bagazo caña de azúcar y caucho natural mediante el vulcanizado con la finalidad de obtener un material biocompuesto con mayor resistencia a la flexión para así reemplazar el plástico, en el experimento se observó la mezcla de fibra de bagazo de caña de azúcar y caucho natural, y se obtuvo material biodegradable.

Por lo tanto los plásticos son uno de los contaminantes en el ambiente, por ese motivo se podría hacer una sustitución del plástico con el bagazo de caña de azúcar y caucho natural, ya que estos son biodegradables en el ambiente. En cuanto a la metodología es un diseño cuantitativo experimental se emplea el diseño factorial, se realiza cinco replicas centrales y cuatro en cada parte del extremo para estimar el error del experimento, en el proceso se utiliza niveles de cierta cantidad de caucho natural de 50g a 100g y luego la cantidad de bagazo de caña de azúcar es de 50g a 60 g. concluyendo a partir de los datos obtenidos del ensayo del laboratorio de bagazo de caña de azúcar y caucho natural ante mencionando se dio la mayor resistencia a la tracción. Este trabajo es relevante ya que utilizaron recursos renovables para producir polímeros insolubles en el agua. El método experimental resulta en la producción de un biocompuesto con excelentes propiedades mecánicas a la tracción y flexión. Finalmente, la metodología del trabajo de García se utilizó en el desarrollo del proyecto.

Valarezo, L. (2013) fue sustentado en la universidad politécnica salesiana sede cuenca- en la facultad de ingeniería mecánica, se plantea como objetivo lograr mejores propiedades mecánicas y física. Este trabajo de investigación buscar adquirir conocimientos acerca de materiales compuestos con fibras naturales que hay en la naturaleza, ya que estas fibras son biodegradables en el ambiente, son reforzadores de compuesto poliméricos por lo tanto tiene una fibra celulósica que son conocidos por su bajo densidad y por ser renovables.

En cuanto en su metodología es experimental, que se realiza por un proceso de extrusión que el material fundido que son forzados a pasar por una bobilla donde se trabajó con cañas de 10cm, primeramente se selecciona las fibras con hidróxido de sodio se eliminar las impurezas superficial de la fibras.

Por lo tanto concluye con el resultado de obtención de material biocompuesto de mayor resistencia a flexión con la investigación en curso por lo que plantea de material que me permite conocer las propiedades física, químicas y mecánicas de las fibras vegetales, que serví para el uso de la estructura del investigación es como un base para el enfoque en donde se puede observar la rigurosidad de los procedimientos y métodos para buscar una respuesta relevante para el proyecto.

Gallego, Sylvia (2011) en fue sustentado en la universidad politécnica nacional. – facultad ingeniería química y agroindustrial. Plateo como objetivo Optimizar el uso de fibras de coco en el compuesto de caucho natural para dar una relación de una fuerza de interface entre los dos, la fibra de coco tiene propiedades mecánica y física altamente resistente junto con el caucho natural. En cuanto al método experimental puro (ASTM D 3822), la fibra de coco fue sumergido en el proceso del laboratorio, primeramente se elimina la impureza de la fibra de coco y del caucho se utiliza el látex coagulado, la fibra es lavado y secado al aire libre luego se mezcla en laminado y se hace el proceso de vulcanizado, se procede el análisis en el laboratorio, para verificar la resistencia a la ruptura o a la tracción. De cada ensayo que se había realizado.

En la actualidad utilizan la fibra de coco para un relleno en plásticos por lo que -el material resultante está dentro de la familia de elastómeros. Con el trabajo mencionando la fibra de coco y caucho natural es de gran utilidad para el desarrollo de la tesis. Es la base para el desarrollo de la tesis, donde se aplica el mismo procedimiento en la investigación.

### 1.3 Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1 Material biocompuesto

Está formado por una mezcla de dos o más de micro o macro-constituyentes por lo cual, se llama matriz. Esta constituye una función de estabilización al esfuerzo aportando propiedades mecánicas al nuevo material

Las propiedades del material compuesto dependerán de la matriz de la que está constituyendo para poder realizar la función de soporte que se realiza en el laminado de fibras la estructura de la matriz forma como resultado un material de alta rigidez y resistencia.

La característica de la fibra natural es suave y con una densidad de 130 a 1500 kg/m<sup>2</sup> es un material ligero, que absorbe la humedad a la vez soporta mayores temperaturas (Valerezo.2013.p 86)

##### a) Fibra natural como refuerzo

Son materiales compuestos que demuestran un beneficio mecánico y ambiental estas fibras naturales se mezclan con otra material formando una matriz biodegradable

Las fibras son celulosas que son polímeros naturales, más abundantes en el ambiente y su elaboración es de fácil procedimiento, por lo tanto es de alta disponibilidad y a su vez de bajo costos. (A reyes-herrera, JF, Vélez ruiz2011.p85)

Tabla 1 módulo tipo de características de fibras como a la tracción

Fibra	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Elongación a la fractura (%)	Absorción de humedad (%)
Cabuya	1.3	305.15	7.5	4.96	-
Yute	1.3	193.773	26.5	1.5,1.8	12
Algodón	1.5	393.773	27.6	7.6	8-25
Cáñamo	1.4	690	34	1.6	8

Fuente **Nota.** Fuente: MATWEB. *MatWeb*. [En línea] 2017.

## Fibra de Cabuya

Es una planta típica de la región yunga su nombre científica *furcraea andina* y su nombre común es cabuya o chuchau (en quechua) son herbácea con hojas largas y provistas de espinas al borde, sus hojas son carnosos y muy fibroso se reproduce por renuevos que brotan del contorno de su raíces, estas plantas crecen a 1450msnm a 3000msnm en su mayor parte crecen en la región de yunga por lo tanto Se encuentran distribuida desde américa central hasta américa del sur.

En la época prehispánica fue la primera fibra vegetal que utilizaron en la comunidad para realizar manufactura como redes, textiles hasta calzados como ejemplo tenemos la cultura paracas, nazca. Según (Garcilaso VIII.p 13) “en uno de sus comentarios menciona la cosecha de cabuya y su uso en la comunidad prehispánica como lo utilizaron para hacer sus redes para la cazar pájaros

Por otro lado, en la cultura nazca utilizaban para confeccionar redes, sogas para puentes colgantes en caso de agroforesteria lo empleaba para hacer cercos de los terrenos de cultivo, es una de las plantas que evitan la erosión en las laderas secas con pendiente. (Cervantes, L. y cuya, S.2013, p98)

Las principales variedades que existen de fibra de cabuya, son los siguientes:  
Ceniza (coloreado)

- Espinosa (textura áspera)
- Castilla o frontero de oro
- Sisal

Tabla 2 Botánica de fibra de cabuya

N°	Familia	Especie	Nombre común	Habito	Uso
1	Agavácea e	Agave americana	Cabuya	Hierva	Medicinal. Hilo fino

Fuente Elaborado por: CECC 14TH CONSULSUA C.LTDA, 2013.

### **Características taxonomía de cabuya**

Es genero furcraea son plantas suculentas que son utilizado para la extracción de fibra de sus hojas ya que estos hojas son carnosos y largadas con espinas puntiagudas alrededor de la hoja y termina también en punto de espinas. Las especie de furcraea andina o llamada también cabuya según su categoría de taxonomía

Tabla 3 Taxonómica

División	Embriofitas sifonógamas
Sub- división	Angiospermas
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Lili florae
Familia	Amarilidáceas
Sub -familia	Agavoideas
Genero	Furcraea
Especie	Furcraea andina

Fuente: Elaborado por Ing. Jorge Pérez Mejía

### **Características físicas de fibra de cabuya**

La cabuya se encuentra dentro de grupo de fibras duras por lo que sus hojas estas constituidas de fibras o fibrillas entre si enlazadas con goma o cera, que le dan la proporción de rigidez y resistencia, la Fisiológica de estos ejes es fibroso ya que cumple de dar la resistencia y rigidez a la hoja de la planta de cabuya por lo tanto a su vez sirve para el sustento de los vasos conductores de savia debido a su función mecánica. Las fibras se pueden distinguir en tres clases o variedades de fibra de cabuya

**Fibra mecánica:** se encuentra en la parte periferia de las hojas donde están esparcidas todo el parénquima foliar.

**Fibras sueltas:** Se encuentra en la parte central de la cabuya y las fibras son muy largas y de un buena resistencia

**Fibra del xilema:** Se encuentra en las paredes de las células ya que son fibras finas por lo tanto se determina por un factor de calidad del suelo, clima, humedad y región y los procesos de mecánicos sometidos como va determinar cómo longitud, color, resistencia.

Tabla 4 Característica físicas de fibra de cabuya

CARACTERISTICA	VALOR
Longitud	80 a120 cm
Color	Habano
Brillo	Opaco
Textura	Dura
Absorción calor	Superficial
Absorción humedad	Mala
Punto de fusión	No se funde
Efecto ante los álcalis	Resistente
Efecto ante los ácidos	Mala
Resistencia a la luz solar	Regular
Efectos de los oxidantes	Variable

Fuente .Elaborado por (TAMAYO, 2012 p5)

Tabla 5 Composición química de la fibra

COMPONENTES	PORCENTAJE
HUMEDAD,CERAS Y GRASAS	1.9
CENIZA	0.7
PENTOSANOS	10.5
CELULOSA	73.8
LIGNINA	11.30
TOTAL	98.2

Fuente. Elaborado por Livia cervantes Meneses

### c) Caucho natural

El caucho natural o es *hevea brasiliensis*; se obtiene de la corteza del árbol llamado látex, es de color blanco que circula por los vasos del árbol por lo tanto tiene resinas en abundancia. La producción de caucho natural de su protoplasma por una reacción bioquímica de polimerización de enzimas.

La producción del caucho natural a nivel mundial es de 92 % de los países que más produce el caucho son Indonesia, Tailandia, China, el caucho natural es una los productos por el cual subsisten las personas. El látex pasa a un proceso de eliminación de impurezas como hojas, cortezas del árbol y luego se deja reposar

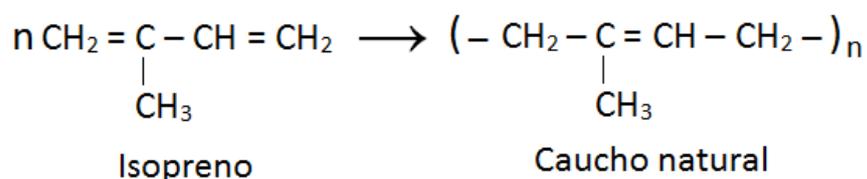
en un tamiz para obtener la sedimentación y luego pasa a un molde donde se añade coagulante naturales, con la finalidad de obtener una distinta densidad y sus propiedades de látex natural por ejemplo la (elasticidad y firmeza) (Keng. kiew. et. al.; 2007.p 234)

### **Propiedades física química**

El caucho natural es un polímero 2-metil-1,3-butadieno o isopreno con fórmula C<sub>5</sub>H<sub>8</sub> cuyo grado de polimerización es de 2.500 a 4.500, y se caracteriza por su insolubilidad en agua, su resistencia eléctrica y su elasticidad.

La propiedad física del caucho bruto varía de acuerdo a la temperatura que se expone con respecto a temperatura bajo el caucho se vuelve rígido la plasticidad del caucho natural se puede modificarse de ciertos límites por la acción del productos químicos (Rodríguez L, 2012, p. 67)

Figura 1 composición química

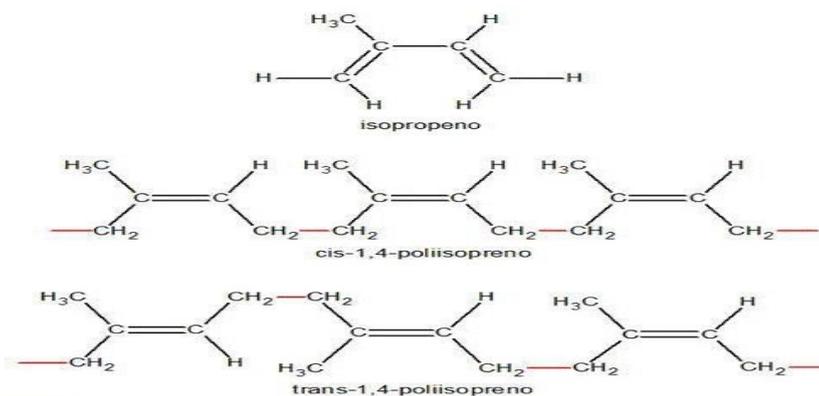


Fuente: elaborada por Silvia Bareto.2006.p 210.

### **Estructura de caucho y su fórmula química**

La estructura de caucho natural son elastómeros de cadena larga y flexible, la fuerza intermolecular es débil, por una parte las moléculas de poliisopreno se entrecruzan con otras fibras vegetales formando la matriz con una propiedad de alta resistencia a cualquier ruptura, sin embargo no tiene un sustituyente fuertemente polar. El caucho se encuentra tras- isómero y sus cadenas son extendidas regularmente que se pueden enlazar, los estereoisoméro la cual se encuentra en la naturaleza de forma cristalina. (Gonzales, A. 1991.p 325).

Figura 2 Estructuras encontradas caucho natural



Fuente elaborada de: Deivis Cárdenas.2018.p25.

### 1.3.2 Vulcanización

El látex es muy viscoso no obstante seguirá hasta la vulcanizado del caucho bruto durante este procedimiento de vulcanizado las cadenas moleculares se conectan entre si

El caucho posee resistencias a los disolventes y estabilidad a la propiedad física además se puede utilizarse con otros catalizadores que acelera y completa el procedimiento de vulcanizado en mayor parte se utiliza el agente de azufre para acelerar el proceso.

En este proceso los polímeros paralelos o lineales que se encuentra entre si conformaran puente de entrecruzamiento entre sí, en otras palabras los enlaces de CH son reemplazados por átomo de azufre.

Se enlaza en sitio de curado (laminado) con otras cadenas poliméricas, el azufre en entrecruzamiento influye es sus propiedades físicas y mecánicas; donde dará una mejor resistencia al calor. Estas propiedades son importantes para los movimientos de la flexión del material. (Vean, 1994 p.501).

#### Proceso de vulcanización de caucho natural

El proceso de vulcanización más económico es con el azufre, en laminado se añade el azufre como agente en el vulcanizado, y se adiciona otros catalizadores a cierta cantidad y temperaturas altas.

El látex natural de caucho se combina con azufre para que modifique la cinética de retícula para el producto final, otros agentes incluyen aceleradores adictivos

como óxido de zinc y ácido esteárico que son anti degradantes, para evitar la degradación del producto. (G fink, H wayn, M Carroll.2016 p.456)

Tabla 6 Composición estructural de celulosa del caucho natural

Componentes	Látex natural	Látex manufacturada
Agua	55-65	
Goma	25-45	93,5
Proteínas	1-2	2-3
Carbohidratos	1-2	0,4
Lípidos	0,9-1,7	3,3
Aminoácidos	0,4	
Compuestos inorgánicos	0,4-0,6	0,2

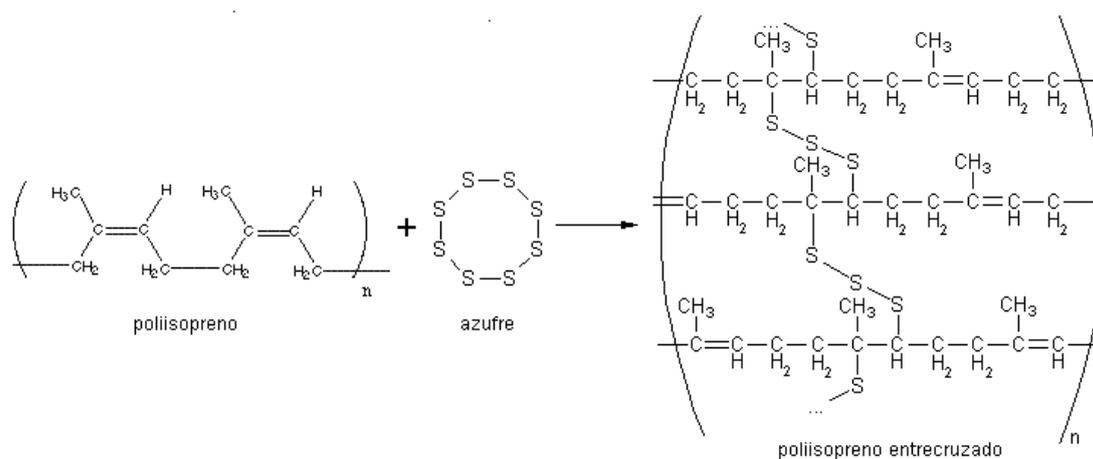
Fuente elaborado por (GUZMÁN, J.2011.pg 93-94)

### Procedimiento con azufre

Es un procedimiento más económica de vulcanizado de caucho natural con azufre además se puede aplicarse a una temperatura y con un tiempo determinado al someterse el caucho natural a una temperatura se alarga y elasticidad física para lograr un eficaz de entrecruzamiento de las moléculas del azufre con el caucho natural y como resultado tiene propiedades de resistencia a la ruptura así mismo se puede realizar por un mecanismo convencional. (Charles, E. carraher, J. 1999 p121)

Enlace de cruzamiento se logra a través de vulcanización del caucho, donde se establece puente mediante el azufre entre las moléculas. (William d.2008.p 480).

Figura 3 Estructura de vulcanización



Fuente .elaborado por (Urrego, W. Velásquez, S.2017 p104)

### 1.3.3 Propiedades de los materiales biocompuesto

#### a) Propiedad Mecánica

La propiedad mecánica es una de la característica en un superficie solida dándose en un ensayo de la muestra de una material compuesto con fibra natural, se entrelazan inevitablemente para facilitar su compresión finalmente el resultado será un elemento de resistencia, como por ejemplo la propiedad de tracción y elongación (Addleson. 2014, p.47)

#### Tracción

Es la que proporciona la información completa de las conductas mecánicas cuando el material está aplicado a una fuerza de tensión exterior, en un ensayo mecánico donde se prepara una muestra con cuidado, determinando de esta manera el módulo de elasticidad de la muestra y la resistencia a la tracción y límite de elasticidad.(C Núñez, A roca y J jorba.2010 p18-24).

#### Resistencia a la tracción

$$\sigma_e = \frac{F}{A_0}$$

$\sigma_e$ =Tensión

$F$ =Fuerza Aplicada

$A_0$ =Sección Inicial

#### Alargamiento o elongación en la tracción

Se mide a través de la tensión de fallo o compresión, los parámetros que comprenden el alargamiento porcentual o Rotura (Núñez C, Roca A y Jorba J.2010, p18-24).

$$\%El = \left( \frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100$$

$l_f$ = Longitud en el momento de la fractura

$l_0$ =La longitud de prueba original

Cuadro 1 Módulo típico de resistencia a la tracción, elongación y tracción de polímeros

Tipos de polímeros	Resistencia a la tracción Mpa	Elongación (%)	Módulo de Elasticidad
ABS + 30% fibra de vidrio	6	2	9
Acetal Copolymer	6	45	2.7
Acetal Copolymer + 30% fibra de vidrio	110	3	9.5
Acrílico	70	5	3.2
Nylon	70	90	1.8
Poliamida-imida	110	6	4.5
Policarbonato	70	100	2.6
Polietileno, HDPE	15	500	0.8
Tereftalato de polietileno (PET)	55	125	2.7
Poliimida	85	7	2.5
Poliimida + fibra de vidrio	150	2	12
Polipropileno	40	100	1.9
Poliestireno	40	7	3

Fuente MATWEB (en línea-2017)

## 1.4 Formulación del problema

### 1.4.1 problema general

¿Cómo crear un material biocompuesto mecánicamente estable a partir de caucho natural con la fibra de cabuya mediante el vulcanizado, Lima 2018?

### 1.4.2 Problemas específicos

¿Cuál es la composición óptima de fibra de cabuya con caucho natural para obtener un material biocompuesto con mayor resistencia a la tracción?

¿Cuál es la composición óptima de caucho natural para obtener un material biocompuesto con mayor resistencia a la elongación?

## **1.5 Justificación del estudio**

El alto costo de la geo-membrana obliga al estudio de substitutos preferiblemente de materiales renovables. Una excelente alternativa es el vulcanizando del caucho natural con la fibra de cabuya. La cabuya provee la resistencia a la ruptura por tensión mientras que el caucho contribuye con la flexibilidad para obtener un producto competitivo para el almacenamiento de agua y otros usos.

Las aplicaciones de la fibra de cabuya se demuestran en el ensamblado artesanal de puentes que unen extremos de ríos. Esto indica que la cabuya tiene alta resistencia mecánica comparada con las fibras sintéticas. Actualmente no se da a conocer las bondades de este material para aplicaciones tecnológicas, por lo que su cultivo es reducido. Este proyecto propuso vulcanizar el caucho natural con la fibra de cabuya, dos recursos naturales renovables y biodegradables, cuya aplicación de carácter estratégico es el ensamblado de reservorios de agua en zonas andinas. El establecimiento de una demanda de ambos materiales puede crear un beneficio multiplicador, ya que las comunidades andinas se verían estimuladas para instalar las plantaciones de cabuya y las comunidades de la selva para instalar plantaciones de caucho, con el beneficio para la comercialización de ambos. Como consecuencia se puede crear un mercado con una economía dinámica y estable, que permita mejorar la calidad de vida de la población

### **1.5.1 Justificación teórica**

La fibra de cabuya tiene alta resistencia mecánica que se traduce en alta resistencia a la tracción, en los procesos de deformación por laminado las fibras no sufren cambios físicos ni químicos no obstante al someter las muestras a temperaturas altas. Como resultado es mucho más resistente a los insumos químicos. Arjona, Silvio, Perdomo, Fernández y Gutiérrez, Ruby (2011), tesis. El caucho natural por sus propiedades mecánicas es resistente al desgarró y muestra excelente comportamiento elástico (Senner, Adolf.1994, p.425)

### **1.5.2** Justificación metodológica

.Para aceptar o rechazar la hipótesis nula se usa la metodología de superficie de respuesta ya que este método incluye la integración de técnicas matemáticas, con herramientas estadísticas de modo que la cantidad de experimentos es limitada a grupos menores para rápida respuesta. (Arnau J., Ato. M, 2009.p. 309). A su vez se aplica el método de proceso de vulcanización, y la norma ASTM D. (Sylvia, J, 2008).

### **1.5.3** Justificación tecnológica

Con el desarrollo de la tecnología que se puede crear materias amigables con el medio ambiente, como es el caso de caucho natural, puede mezclarse con azufre para acelerar el proceso de vulcanización, ya que el caucho tiene propiedades físicas y químicas acordes con procesos para caucho sintético, en el maquinado se lamina con otra matriz, antes de vulcanizarse. El vulcanizado mejora su propiedad térmicas y mecánicas, atribuidos a la formación de enlaces intermoleculares. (Miranda, José miguel y sierra miranda- 2008. P 76) Gracias a los avances de la tecnología para procesar las fibras de la cabuya, se desarrollaron maquinas desfibradoras de la fibra de cabuya, que facilita al hombre en la extracción de las fibras. (Andrés Castell ,2011-p24.

### **1.5.4** Justificación económica

La fibra de cabuya es un recurso renovable y con fácil acceso para los pobladores por lo tanto el precio de este recurso no está fijado en el mercado, las fibras de cabuya se encuentran entre las más finas y están solicitadas para comercio exterior compitiendo con el algodón.

El caucho natural actualmente tiene un costo tan bajo que no resulta comparable con el costo de material renovable, incluso su costo de caracterización es extremadamente cara si se compara con el precio de la materia prima.

## 1.6 Hipótesis

### 1.6.1 Hipótesis general

Ho: El caucho natural no puede vulcanizarse con fibra de cabuya para producir un material biocompuesto mecánicamente estable; lima 2018.

Ha: El caucho natural si puede vulcanizarse con fibra de cabuya para producir un material biocompuesto mecánicamente estable; lima 2018.

### 1.6.2 Hipótesis específicas

**Ho<sub>1</sub>**: La fibra de cabuya no influye en la vulcanización con el caucho natural para obtener material biocompuesto mecánicamente estable.

**Ha<sub>1</sub>**: La fibra de cabuya influye en la vulcanización con el caucho natural para obtener material biocompuesto mecánicamente estable.

**Ho<sub>2</sub>**: El caucho natural no influye en su vulcanización con fibra de cabuya para obtener material mecánicamente estable.

**Ho<sub>2</sub>**: El caucho natural influye en su vulcanización con fibra de cabuya para obtener material mecánicamente estable.

## 1.7 Objetivos

### 1.7.1 Objetivo general

Obtener un material biocompuesto mecánicamente estable a partir de caucho natural con la fibra de cabuya mediante el vulcanizado.

### 1.7.2 Objetivos específicos

Determinar la influencia de la fibra de cabuya en el vulcanizado de caucho natural en la producción de material biocompuesto mecánicamente estable

Determinar la influencia de caucho natural en vulcanizado con fibra de cabuya en la producción de material biocompuesto mecánicamente estable.

## **II. MÉTODO**

## 2.1 Diseño de la investigación

### 2.1.1 Diseño Experimental

Tipo de investigación es correlacional ya que se manipulo las variables independientes para encontrar la relación que existen entre las variables independientes y dependiente.

### 2.1.2 Método de Superficie de Respuesta

En este proyecto se propuso realizar el método de las superficies de respuesta, en esta técnica consiste diseñar un experimento que sean valores razonables de los variables, y luego se determina el modelo matemático que se ajusta a los datos obtenidos del experimento.

Para cada variable se considerar dos niveles que se codifica en los valores como +1 (para el más alto) y -1 (para el más bajo) todas estas posibles combinaciones de los niveles de los k factores de este se obtiene una matriz de diseño ( $k^2$ ) en cada tratamiento que se realizada.

Diseño factorial.  $2^k$

Se usa ampliamente en experimento que influye K factores de dos niveles, Para obtener los datos se emplea el diseño factorial  $2^k$ , donde el número dos indica que se evaluara dos factores; que indica los niveles a los que se va evaluar las variables, para este caso los niveles son dos ( $k=2$ ) bajo y alto. Referencia a en la Tabla 7 como la distribución de los deferentes experimentos.

Tabla 7 Listado de experimentos mostrando la cantidad de fibra de cabuya y de caucho natural propuesto para el proyecto en la primera etapa

Tratamiento	Fibra de cabuya	Caucho natural
T1	50	50
T2	70	50
T3	50	100
T4	70	100
T5 <sub>1</sub>	60	75
T5 <sub>2</sub>	60	75
T5 <sub>3</sub>	60	75
T5 <sub>4</sub>	60	75
T5	60	75

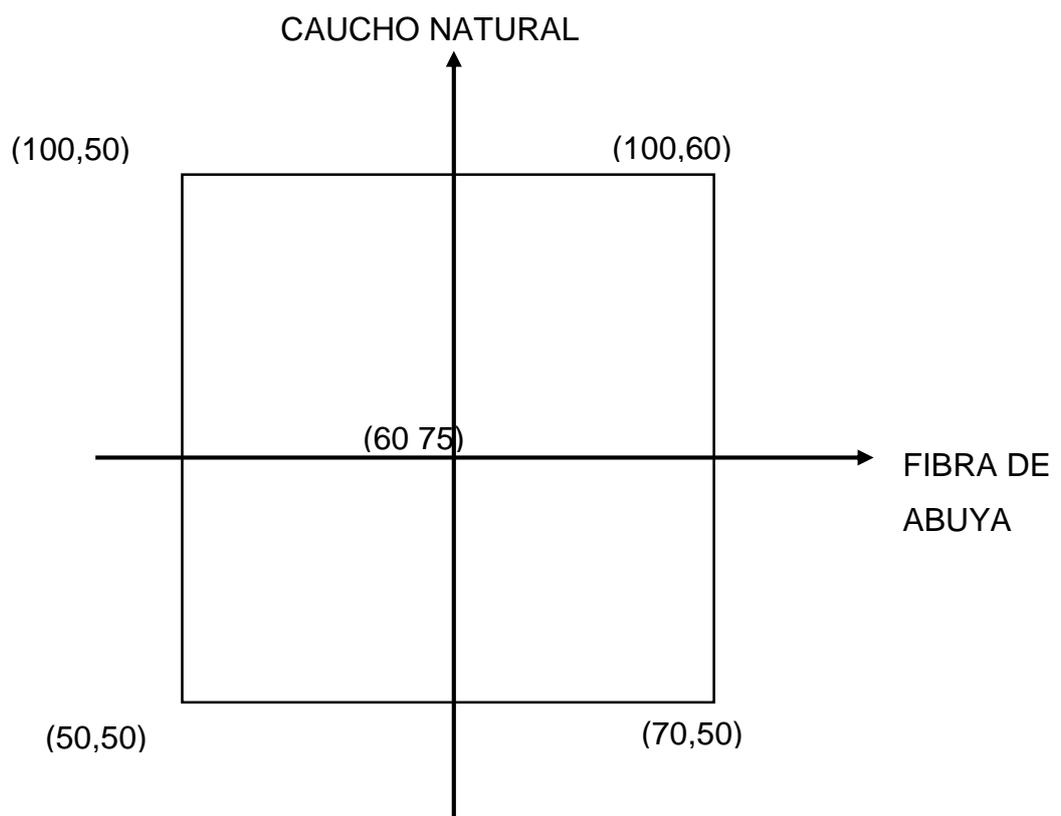
Fuente. Propia del autor

Tabla 8 Listado de experimentos mostrando la cantidad de fibra de cabuya y de caucho natural propuesto para el experimento en la segunda etapa.

Tratamiento	Caucho natural	Fibra de cabuya
T1	75	30
T2	75	70
T3	125	30
T4	125	70
T5 <sub>1</sub>	100	50
T5 <sub>2</sub>	100	50
T5 <sub>3</sub>	100	50
T5 <sub>4</sub>	100	50
T5 <sub>5</sub>	100	50

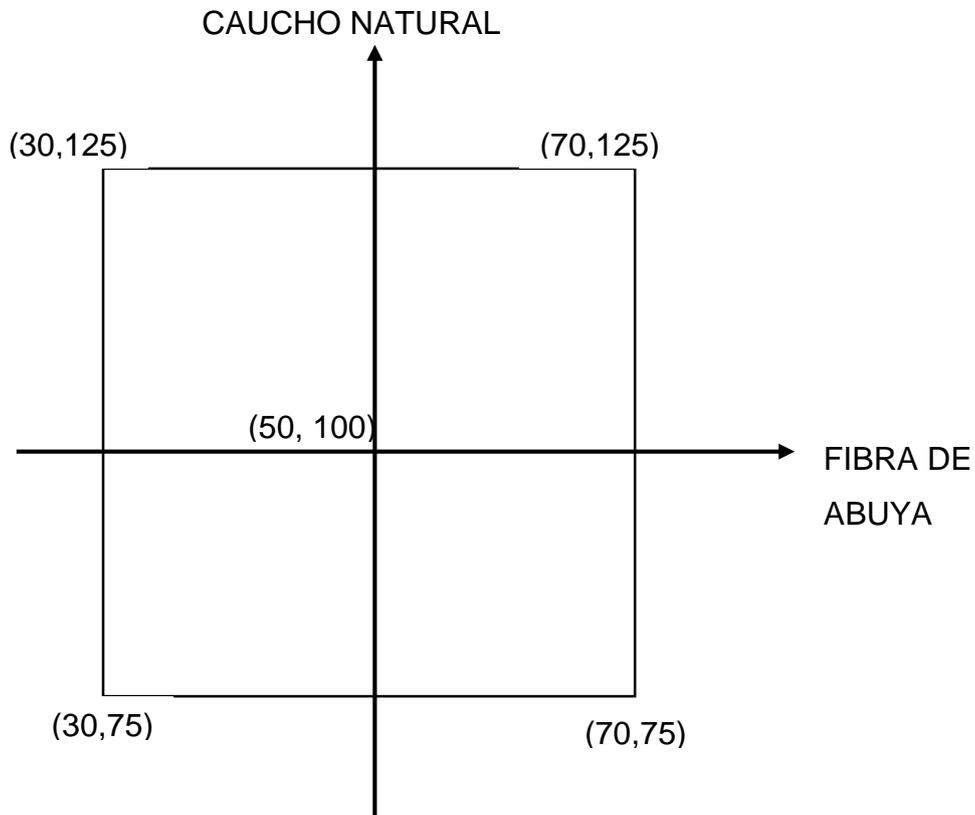
Fuente: Propia del Autor.

Figura 1 Punto de Réplica de la Muestra



Fuente: Propia del Autor.

Figura 2 Punto de Réplica de la Segunda Muestra



Fuente: Propia del autor.

Se el segundo orden de (MSR)

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_1 X_1 + \sum_{i=1}^n \beta_2 X_2 + \sum_{i=1}^n \beta_3 X_1^2 + \sum_{i=1}^n \beta_4 X_2^2 + \sum_{i=1}^n \beta_5 x_1 x_2$$

En el planteamiento del experimento se aplica el modelo matemático de respuesta para poder identificar la relación entre el variable independiente y su factor controlable y de las variables dependientes. Con este método se obtendrá una curva o superficie a través de los puntos estudiados y el modelo de regresión.

### 2.1.3 Procedimiento del Experimento

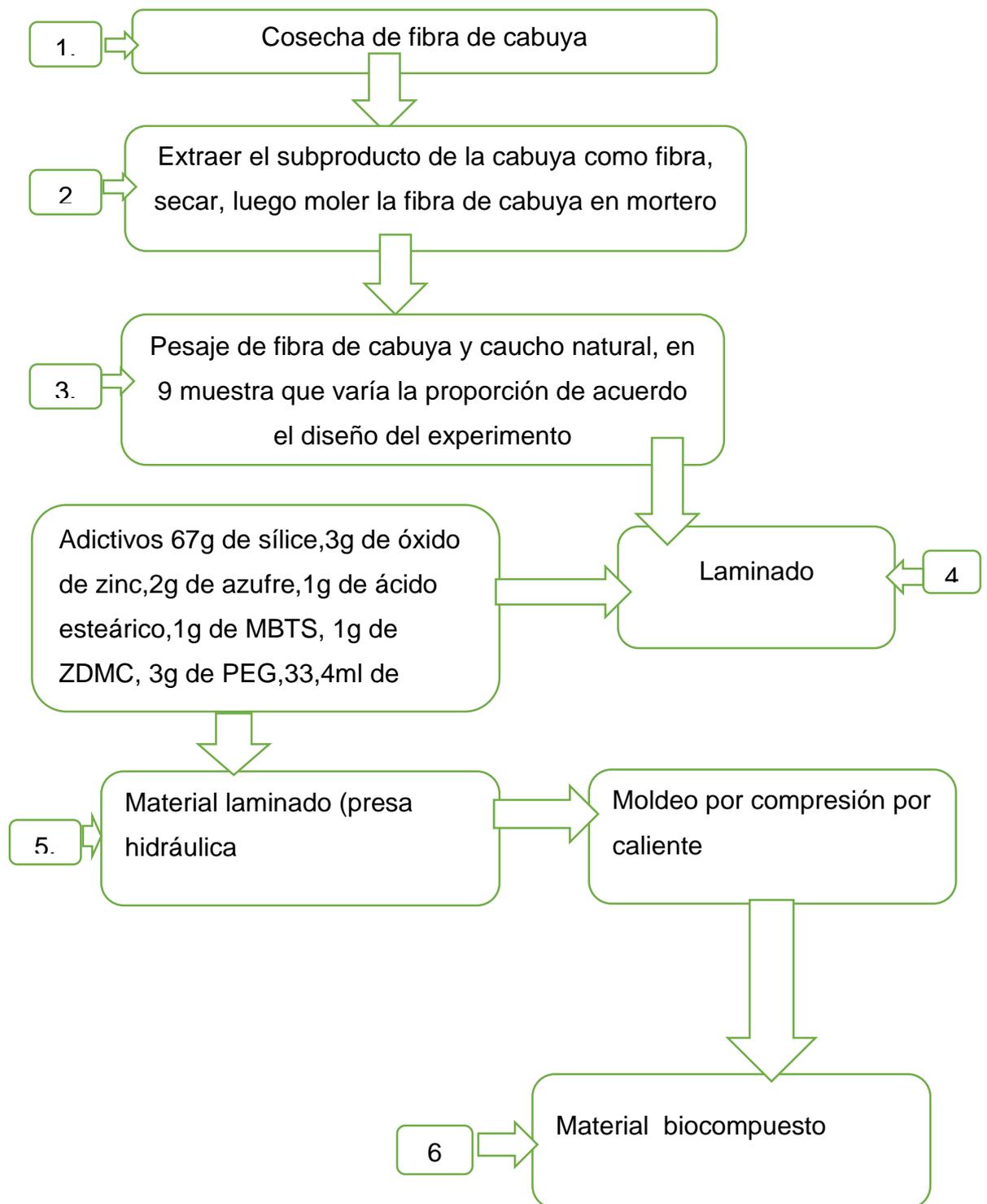
Para este proyecto se utilizó los siguientes materiales, equipos, insumos y reactivos.

Cuadro 2 Equipos, Materiales e Insumos del Experimento

Equipo		Material		Reactivos e Insumo	
Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Batan de piedra	1	Luna de reloj	2	Fibra de cabuya	2kg
Balanza analítica	1	Guantes	1	Caucho natural	2kg
Horno	1	Naso bucal	1	Silica	67gr
Laminador	1	Lentes	1	Óxido de zinc	3gr
Presa hidráulica	1	Guarda polvo	1	Azufre	2gr
				Acido esteárico	1gr
				MBTS	1gr
				ZDMC	1gr
				PEG	3gr
				aceite	33,4ml

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 1 Diagrama de elaboración de material biocompuesto



### a) Tratamiento de fibra de cabuya

La fibra es obtenida de subproducto de la cabuya, a continuación se lava para eliminar las impurezas adheridos en las fibras, por un lado se selecciona y se retira sus espinas de la fibras de cabuya, después pasa hacer secado en el horno a una temperatura de 150°C, tiempo de 24 horas. Luego pasar a ser cortado y molido con un batan o mortero de piedra ya que estos equipos tiene la fuerza de triturar, la fibra de cabuya donde se puede modificar la superficie de la fibra de cabuya mediante el mortero o batan de piedra, hasta convertidor en partículas muy pequeñas. El tiempo de molino dura media hora en el mortero o batan con una temperatura que oscila entre 8°C a 14°C

Fotografía 1 cosecha de fibra de cabuya.



La fibra de cabuya mide 2.5mt



cortar las puntas de fibra de cabuya

Fotografía 2. Molienda de la fibra de cabuya



Moler la fibra de cabuya utilizando mortero      Molido la fibra de cabuya

Fotografía 3 Pesado de fibra de cabuya y caucho natural



Después de moler la fibra de cabuya se separa cada muestra en una bolsa térmica

Caucho natural en pesado

El procedimiento del caucho natural ya es procesado y por lo cual se pesaría para cada muestra, que se llevó acabo con deferentes pesos cada 18 muestras, para hacer el laminado del caucho natural con la fibra de cabuya a una temperatura de 165 °c. De igual manera se pesó la fibra de cabuya en 18 muestras.

Fotografía 4 laminado



Se añadió insumos químicos



Proceso de laminado

Después de pesaje se realiza el laminado convencional cual consiste en dos rodillos donde se hace la mezcla de fibra de cabuya y caucho natural a su vez varia la proporción de fibra de cabuya y de caucho natural y luego se añadió insumos químicos para su obtención de material biocompuesto.

Fotografía 5 moldeo por prensa hidráulica



Moldeo por compresión en caliente es la etapa final de obtención de material biocompuesto por lo tanto de utilizo una prensa hidráulica acomodar los moldes metálico en ello se coloca los materiales laminados a una temperatura de 160°C y presión de 2000psi con un tiempo de 5 minutos.

Fotografía 6 Material biocompuesto



Fuente: Fuente propia del Autor.

## **2.2 Variables, operacionalizacion**

### **2.2.1 Variables**

VI= vulcanizado del caucho natural con la fibra de cabuya.

VD= materia biocompuesto mecánicamente estable.

### **2.2.2 Operacionalizacion de las variables**

Se llevara a cabo por mecanismo convencional de vulcanización de caucho natural y fibra de cabuya para obtener material biocompuesto.

Se midió mediante el ensayo de diagrama de tensión y deformación, que se somete a una probeta con una fuerza que aumenta con el tiempo lentamente hasta su ruptura.

### 2.2.3 Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICION DE CONCEPTO	DEFINICION de OPERACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Variable independiente					
vulcanizando del caucho natural con fibra de cabuya	Es un proceso en el cual se trata hule con azufre para mejora sus propiedades, hule son partículas en forma de masa pegajoso que son elásticos y repelente al agua, Estos juntos producirán un material pegajoso y con alto resistencia y tracción.	Se llevara a cabo por mecanismo convencional de vulcanización para obtener un material biocompuesto	Cantidad de fibra de cabuya	Proporción de fibra bajo	g/X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>
				Proporción de fibra alto	g/X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>
			Cantidad caucho natural	Proporción de látex bajo	g/X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>
				Proporción de látex alto	g/X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>
Variable dependiente					
material biocompuesto mecánicamente estable	Es todo aquello que está conformando un sistema o combinación de materia integrado a partir de la unión de dos o más componentes que da a un nuevo material con propiedad específica que está constituido por la matriz denominado como refuerzos; las propiedades nuevas de la materia dependerá de interfase y de las características de sus componentes como la matriz polimérica con una buena propiedades mecánica y resistencia a la	Se medirá mediante el ensayo de diagrama tensión y deformación. Se somete a una probeta con una fuerza que aumenta con el tiempo lentamente hasta su ruptura	Propiedad mecánica	Resistencia a la tracción	MPa
				Elongación	%

## **2.3 Población y muestra**

### **Población.**

La población estuvo constituida por un conjunto de plantas de cabuya y que los comuneros de cayara utilizan como cerco perimétricos de sus terrenos.

La población de caucho natural está constituida por 4 árboles de shiringa de Madre Dios. Los comuneros conocen con nombre de shiringa a caucho natural.

### **Muestra**

En la muestra se utilizó 4 kilos de caucho natural (látex) y 3 kilos de fibra de cabuya, según se especificó en el diseño experimental.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **a) Técnica recolección de datos**

Desde el desarrollo de la teoría se comprobó si la hipótesis es verdad o falso, también se manipulo los variables dependientes e independientes, en este proyecto se experimentó con dieciocho tratamientos de material biodegradable que es la fibra de cabuya y caucho natural donde se procesa con azufre, las cuales pasan por un proceso laminado y prensados para lograr un material biocompuesto.

### **b) Instrumento de recolección de datos**

En recolección de datos se realizó mediante el tratamiento de las 18 muestras de fibra de cabuya y caucho natural, y las proporciones de cada repetición del tratamiento del vulcanizado de fibra de cabuya y caucho natural Anexo,1 y 2

### **2.4.1 Valides y Confiabilidad**

Validación de los instrumentos se realizó por técnicas y criterio de los jueces profesionales.

## **2.5 Método de análisis de datos**

El análisis de varianza ANOPVA fue elaborado usando la distribución de Fischer, para la cual la varianza del modelo de segundo orden fue comparada con la varianza del error experimental, cuya razón es representada por el factor F. Este factor finalmente es comparado con el valor crítico de la distribución de Fischer y representado por  $qF(\alpha, m-1, n-m)$ , este parámetro fue provisto por el programa de computadoras Mathcad. Donde  $\alpha$  es la confiabilidad para este proyecto es 0.05, o con un 95% de confianza; m es el número de factores obtenidos en el modelo, n es el número de datos en los experimentos.

## **2.6 Aspectos Éticos**

La presente investigación, contempla los lineamientos dentro del Artículo 7° Rigor científico el cual está dentro del Código de ética de investigación de la Universidad Cesar Vallejo, aprobada Resolución de Consejo Universitario N°0.83 – 2016 UCV. A su vez, este trabajo fue redactado de acuerdo al ISO el O 690 y 690-2 Adaptación de la norma de la International Organización for Standardization (ISO)

### **III. RESULTADOS**

### **3.1 Datos experimentales**

#### **3.1.1 Resultado de las mediciones de tracción.**

El ensayo de tracción se ejecutó utilizando el equipo universal de ensayo marca AMSLER cuya capacidad es de 500kg para aplicaciones de fuerza de deformación. El equipo tiene acoplado un vernier digital de marca MITUTOYO, cuya precisión en las mediciones de longitud es  $\pm 0.01\text{mm}$ . Las condiciones del ensayo se llevaron a cabo a temperatura de  $22^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa (HR) 72%.

Cada muestra fue preparada de acuerdo a las normas técnicas de ASTM D412. Esta etapa de medición se realizó en el Laboratorio de Energía, Número de Laboratorio 05, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), a través de un contrato de servicios por terceros, para la primera fase de experimentación.

1: En esta primera fase, las probetas se sometieron a una serie de pruebas de tracción y se midieron las elongaciones siguiendo la norma técnica de ASTM D412 bajo procedimientos recomendados por el ISO 37(control de calidad del caucho).

2: En la segunda fase de experimentación las probetas fueron llevadas al Laboratorio Labicer SAC ubicado en la Facultad de Ciencias Textiles dentro de las facilidades físicas de la UNI. El equipo utilizado fue la Maquina de tracción Universal ZWICK ROELL Z010, similar a la primera fase se obtuvieron datos de la tracción y la elongación para las probetas.

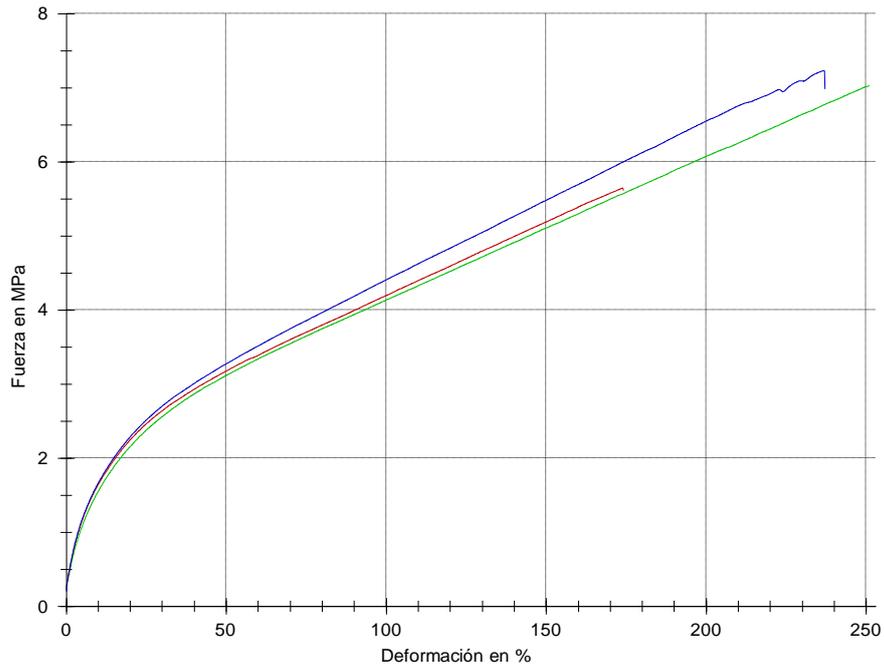
3: Para todos los casos se estableció la elongación en el punto de ruptura. Donde la elongación es reportada en porciento de deformación, y la resistencia a la tracción en MPa.

Figura 3 Ensayo de tracción de la muestra



Fuente: Propia del Auto

Grafico 2 resultado del ensayo de la tracción y la elongación



Fuente. Resultado de elongación –UNI

Tabla 9 Resultados preliminares de tracción según la norma técnica ASTM D412,

Tratamiento	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud inicial (mm)	Longitud final (mm)	Fuerza máxima de rotura (MPa)	Esfuerzo máximo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Elongación (%)
1	2,45	7,33	25,4	31,86	5,3	29,51	25,4
2	2,64	7,44	25,4	39,62	4,0	20,36	55,9
3	2,83	7,45	25,4	32,36	6,0	28,45	27,4
4	3,60	6,98	25,4	28,43	5,5	21,88	11,9
5	2,37	6,90	25,4	41,8	4,03	24,6	64,5
6	2,70	7,65	25,4	60,4	2,96	15,4	137,7
7	3,13	7,65	25,4	40,14	3,98	16,4	58
8	2,62	6,89	25,4	45,4	2,98	16,5	78,7
9	2,33	6,90	25,4	241,4	3,16	19,6	850,3

Fuente: Propia del Autor.

Tabla 10

Resultados Finales de tracción según la norma técnica ASTM D412,

Tratamiento	Ancho(mm)	Espesor (mm)	Esfuerzo máximo(MPA)	Elongación esfuerzo máximo (%)	Esfuerzo máximo(MPA)	Elongación en ruptura (%)
1	6.83	4.16	4.31	179.4	4.20	179.7
2	6.75	3.25	3.39	118.3	3.34	119.3
3	7.46	3.15	3.36	148.0	3.71	148.1
4	7.34	3.02	2.57	63.7	2.43	66.7
5	7.52	3.20	5.65	173.9	5.61	174.1
6	7.53	2.95	7.03	251.0	7.03	251.0
7	7.23	3.20	7.23	236.7	6.98	237.0
8	7.40	2.10	6.6	220.0	6.54	220.7
9	7.43	3.12	6.6	220.5	6.50	220.1

Fuente: Propia del Autor

**3.1.2** Influencia de la cantidad de fibra de cabuya y caucho natural en la resistencia a la tracción:

Caucho natural =  $X_2$

$c := (50 \ 50 \ 100 \ 100 \ 75 \ 75 \ 75 \ 75 \ 75 \ 125 \ 75 \ 125 \ 75 \ 100 \ 100 \ 100 \ 100 \ 100)$

fibra de cabuya =  $X_1$

$f := (50 \ 70 \ 50 \ 70 \ 60 \ 60 \ 60 \ 60 \ 60 \ 30 \ 30 \ 70 \ 70 \ 50 \ 50 \ 50 \ 50 \ 50)$

Resistencia a la tracción =  $T$

$t := (5.3 \ 4.0 \ 6.0 \ 5.5 \ 3.0 \ 2.96 \ 3.98 \ 2.98 \ 3.16 \ 4.31 \ 3.39 \ 3.76 \ 2.57 \ 5.65 \ 7.03 \ 7.23 \ 6.6 \ 6.6)$

$n := 18$

fibra :=  $f^T$     traccion :=  $t^T$     caucho :=  $c^T$

$x1 :=$  fibra     $x2 :=$  caucho     $y :=$  traccion

Modelo de regresión de segundo grado para el diseño factorial propuesta

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_1 X_1 + \sum_{i=1}^n \beta_2 X_2 + \sum_{i=1}^n \beta_3 X_1^2 + \sum_{i=1}^n \beta_4 X_2^2 + \sum_{i=1}^n \beta_5 x_1 x_2$$

$$X := \begin{bmatrix} n & \sum_{i=0}^{17} x_{1_i} & \sum_{i=0}^{17} x_{2_i} & \sum_{i=0}^{17} (x_{1_i})^2 & \sum_{i=0}^{17} (x_{2_i})^2 & \sum_{i=0}^{17} (x_{1_i} \cdot x_{2_i}) \\ \sum_{i=0}^{17} x_{1_i} & \sum_{i=0}^{17} (x_{1_i})^2 & \sum_{i=0}^{17} (x_{1_i} \cdot x_{2_i}) & \sum_{i=0}^{17} (x_{1_i})^3 & \sum_{i=0}^{17} [x_{1_i} \cdot (x_{2_i})^2] & \sum_{i=0}^{17} [(x_{1_i})^2 \cdot x_{2_i}] \\ \sum_{i=0}^{17} x_{2_i} & \sum_{i=0}^{17} (x_{1_i} \cdot x_{2_i}) & \sum_{i=0}^{17} (x_{2_i})^2 & \sum_{i=0}^{17} [(x_{1_i})^2 \cdot x_{2_i}] & \sum_{i=0}^{17} (x_{2_i})^3 & \sum_{i=0}^{17} [x_{1_i} \cdot (x_{2_i})^2] \\ \sum_{i=0}^{17} (x_{1_i})^2 & \sum_{i=0}^{17} (x_{1_i})^3 & \sum_{i=0}^{17} [(x_{1_i})^2 \cdot x_{2_i}] & \sum_{i=0}^{17} (x_{1_i})^4 & \sum_{i=0}^{17} [(x_{1_i})^2 \cdot (x_{2_i})^2] & \sum_{i=0}^{17} [(x_{1_i})^3 \cdot x_{2_i}] \\ \sum_{i=0}^{17} (x_{2_i})^2 & \sum_{i=0}^{17} [x_{1_i} \cdot (x_{2_i})^2] & \sum_{i=0}^{17} (x_{2_i})^3 & \sum_{i=0}^{17} [(x_{1_i})^2 \cdot (x_{2_i})^2] & \sum_{i=0}^{17} (x_{2_i})^4 & \sum_{i=0}^{17} [x_{1_i} \cdot (x_{2_i})^3] \\ \sum_{i=0}^{17} (x_{1_i} \cdot x_{2_i}) & \sum_{i=0}^{17} [(x_{1_i})^2 \cdot x_{2_i}] & \sum_{i=0}^{17} [x_{1_i} \cdot (x_{2_i})^2] & \sum_{i=0}^{17} [(x_{1_i})^3 \cdot x_{2_i}] & \sum_{i=0}^{17} [x_{1_i} \cdot (x_{2_i})^3] & \sum_{i=0}^{17} [(x_{1_i})^2 \cdot (x_{2_i})^2] \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{pmatrix} 18 & 990 & 1.575 \times 10^3 & 5.69 \times 10^4 & 1.456 \times 10^5 & 8.55 \times 10^4 \\ 990 & 5.69 \times 10^4 & 8.55 \times 10^4 & 3.381 \times 10^6 & 7.813 \times 10^6 & 4.87 \times 10^6 \\ 1.575 \times 10^3 & 8.55 \times 10^4 & 1.456 \times 10^5 & 4.87 \times 10^6 & 1.411 \times 10^7 & 7.813 \times 10^6 \\ 5.69 \times 10^4 & 3.381 \times 10^6 & 4.87 \times 10^6 & 2.062 \times 10^8 & 4.42 \times 10^8 & 2.877 \times 10^8 \\ 1.456 \times 10^5 & 7.813 \times 10^6 & 1.411 \times 10^7 & 4.42 \times 10^8 & 1.422 \times 10^9 & 7.491 \times 10^8 \\ 8.55 \times 10^4 & 4.87 \times 10^6 & 7.813 \times 10^6 & 2.877 \times 10^8 & 7.491 \times 10^8 & 4.42 \times 10^8 \end{pmatrix}$$

$$Y := \left[ \sum_{i=0}^{17} y_i \quad \sum_{i=0}^{17} (x1_i \cdot y_i) \quad \sum_{i=0}^{17} (x2_i \cdot y_i) \quad \sum_{i=0}^{17} [(x1_i)^2 \cdot y_i] \quad \sum_{i=0}^{17} [(x2_i)^2 \cdot y_i] \quad \sum_{i=0}^{17} (x1_i \cdot x2_i \cdot y_i) \right]$$

Parámetros de beta de regresión múltiple se estima como:  $\beta := X^{-1} \cdot Y^T$

$$\beta = \begin{pmatrix} -6.14 \\ 0.504 \\ -0.048 \\ -5.236 \times 10^{-3} \\ 4.247 \times 10^{-4} \\ 8.82 \times 10^{-5} \end{pmatrix}$$

Es elaborado en mathcad para encontrar el modelo de segundo orden

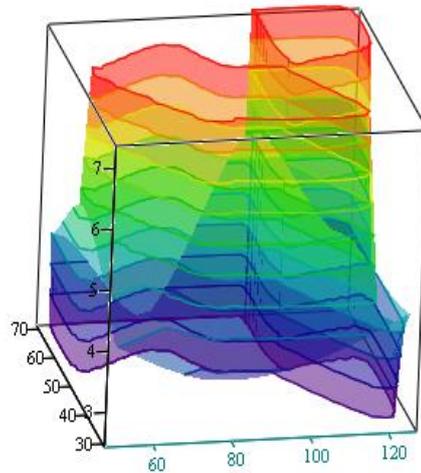
a) Modelo de regresión de segundo orden

$$y_m := -6.14 + 0.504 \cdot X_1 - 0.048 \cdot X_2 - 5.236 \times 10^{-3} \cdot X_1^2 + 4.247 \times 10^{-4} \cdot X_2^2$$

$y_m :=$

$$\begin{pmatrix} 4.632 \\ 2.145 \\ 5.417 \\ 2.931 \\ 4.039 \\ 4.039 \\ 4.039 \\ 4.039 \\ 4.039 \\ 4.039 \\ 4.904 \\ 3.057 \\ 4.12 \\ 2.273 \\ 5.417 \\ 5.417 \\ 5.417 \\ 5.417 \\ 5.417 \end{pmatrix}$$

Gráfico 2 Contorno de superficie de respuesta dimensional de rendimiento del modelo de segundo orden



(caucho , fibra , traccion )

Fuente de mathcad .2018

b) Calculo de análisis de varianza.

$$SST := \sum_{i=0}^{17} (y_i - \text{mean}(y))^2 = 39.735$$

Suma de cuadros para estimar la variabilidad total del modelo o regresión

$$SSREG := \sum_{i=0}^{17} (ym_i - \text{mean}(y))^2 = 24.302$$

Suma de cuadrados debido al error entre el valor actual y el valor del modelo

$$SSE := SST - SSREG = 15.432$$

Grado de libertad

$$m := 6$$

Para el modelo o regresión

$$GLreg := m - 1$$

Para la variabilidad total:

$$GLT := n - 1$$

Para el error

$$GLError := GLT - GLreg = 12$$

Para elaborar el análisis de varianza del modelo de segundo orden se filtra los datos obtenidos del ensayo de tracción y del experimento.

Cuadro 3 Análisis de varianza por segunda orden

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Valor critico de F
Modelo	$m-1$	$SSreg$	$\frac{SSreg}{m-1}$	$\frac{SSreg}{m-1} \cdot \frac{SSe}{n-m}$	qF (1-a,m-1,n-1)
Error	$n-m$	$SSe$	$\frac{SSe}{n-m}$		
Total	$n-1$	$SST$			

Fuente propia del autor

Cuadro 4 Resultado de análisis de varianza de segunda orden de tratamiento de caucho natural con fibra de cabuya

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Probabilidad F >F
Modelo	5	24.302	4.8604	3.779	qF(0.05, 5, 12) = 0.214
Error	12	15.432	1.286		
Total	17	39.735			

Fuente propia del autor

Coeficiente de correlación  $=0.6116$

Las hipótesis nula y alterna son:

Ho: Los parámetros  $\beta_i = 0$  para  $i = (1, 5)$

H1:  $\beta_1 \neq 0$ , o  $\beta_2 \neq 0$ , o  $\beta_3 \neq 0$ , o  $\beta_4 \neq 0$ , o  $\beta_5 \neq 0$

Como la razón de F (3.779) es mayor que el valor crítico de F (0.214) entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Esto indica que la propiedad mecánica de la tracción de las muestras de caucho depende de ambas variables cantidad de caucho natural y cantidad de fibra de cabuya, ambos expresados en gramos.

Los resultados obtenidos de la resistencia a la tracción del material biocompuesto de caucho natural reencauchado con la fibra de cabuya, muestran que las magnitudes máximas son mayores a 6.6 Mpa, y alcanzando un máximo de 7.23 MPa.

Para comparar la varianza del modelo y la varianza del error experimental, se utilizó la prueba de Fischer, donde se requiere  $q_F$  como el factor crítico de la distribución de Fischer. Por lo tanto  $q_F$  se usa para aceptar o rechazar la hipótesis nula. Para nuestro resultado la razón F es mayor que  $q_F$  (0.05, 5, 12) se rechaza la hipótesis nula con un 95% de confianza, 5 grados de libertad para la varianza del modelo, y 12 grados de libertad para la varianza del error experimental. Este resultado de análisis de varianza fue desarrollada para el modelo de segundo orden.

## **IV. DISCUSIÓN**



De los experimentados de las 18 muestras, la resistencia a la tracción máxima obtenida fue 7.23 Mpa, para un material biocompuesto elaborado con 100g de caucho natural y de 50 de fibra de cabuya. A diferencia, de valor máximo obtenido por **Cheryl García** (2016) fue de 3.61 MPa para un material biocompuesto elaborado con 60g fibra de bagazo de caña de azúcar con 70 g de caucho natural. El procedimiento de la elaboración del material biocompuesto fue el mismo; García utilizo el método MSR y los datos obtenidos se basaron en experimentos en los cuales la materia prima fue el caucho natural y la fibra de bagazo de caña de azúcar. Los exámenes de tracción fueron realizados siguiendo la Norma Internacional ASTM D 412. En este proyecto se sustituyó la fibra de bagazo por la fibra de cabuya y resulta en un experimento único.

Por otro lado **VALEREZO (2013)** obtuvo un material compuesto usando bambú y los resultados de la resistencia de la tracción obtuvo de 6.08 MPa, la composición porcentual de fibra vegetal fue 30% con remanente de caucho natural; en este caso se la mezcla fue tratada por compresión en caliente. La magnitud de tracción no obstante son menores al valor obtenido en la presente investigación cuyo valor de resistencia a la tracción fue de 7.61 MPa. La diferencia substancial en el procesamiento es que en este proyecto se utilizó una vulcanización presurizada en caliente a 160°C, mientras que Valarezo uso de inyección a 220°C, no incluye datos de presión de inyección.

GALLEGO (2011) en el estudio que realizo obtuvo como resultado de resistencia de tracción de 1.7 MPa siguiendo la norma ASTM D630, esta baja magnitud se debe principalmente a los componentes que utilizo en la mezcla, 20g de fibra de coco y 30g de látex el método que utilizó es vulcanización y moldeo por compresión; a diferencia, en este proyecto se obtuvo resultados sorprendentes ya que la resistencia a la tracción de las probetas alcanzaron valores cercanos a 7.0 MPa.

## **V. CONCLUSIONES**

Los resultados experimentales sobre la vulcanización de caucho natural con fibra de cabuya demuestran que la fibra influye significativamente en la resistencia mecánica del material resultante. Existe una magnitud de la masa de caucho que al combinarse con la cabuya influye significativamente en la resistencia a la tracción de la matriz compleja.

El caucho natural vulcanizado con fibra de cabuya producen un material biocompuesto mecánicamente estable, cuando se vulcaniza 100 g de caucho natural con 50 g de fibra de cabuya, la matriz resultante alcanza la máxima resistencia a la tracción equivalente a 7.23 MPa. Por lo tanto, para efectos de vulcanización del caucho natural no debe evaluarse su resistencia a la tracción usando solo una variable.

Como referencia cuando se vulcaniza 70 g de caucho natural con 50g de fibra de cabuya, la resistencia a la tracción disminuye a 6.0 MPa; y resulta también de tracción baja cuando se vulcaniza 125 g de caucho con 70 g de fibra de cabuya. Indicando que 100g de caucho y 50 g de fibra son condiciones actuales de mezclado para obtener una resistencia a la tracción máxima.

Se encontró que manteniendo la cantidad de caucho natural constante, e incrementado la cantidad de fibra de cabuya la resistencia a la tracción disminuye. Por ejemplo cuando se vulcaniza 70g de caucho natural con 30g de fibra de cabuya, la resistencia a la tracción disminuye de 4.3 a 3.3 MPa. Entonces cuando se vulcaniza 125 g de caucho natural con 30g de fibra de cabuya y 70 de fibra de cabuya, la tracción disminuye de 3.78 a 2.6 MPa.

Cuando ambos la masa de caucho y masa de fibra aumenta simultáneamente la tracción disminuye aproximadamente a la mitad de 4.3 a 2.6 MPa. Cuando ambos disminuye simultáneamente los resultados demuestran que la tracción no se ve modificado significativamente a 3.7 a 3.4 MPa.

## **VI. RECOMENDACIONES**

La fibra de cabuya muestra una alta resistencia ya que fue imposible de reducir su tamaño usando herramienta convencional para corte de fibra como el molino cuchillas. Se tuvo que utilizar un molino manual construido con rocas cuya tamaño de recipiente fue de 1 metro de diámetro y el dispositivo manual elaborado con roca de 80 centímetro de diámetro, la fibra resultante no fue tamizada y pesada directamente para su vulcanización.

Es recomendable hacer un estudio de la calidad del suelo donde crece cabuya *furcraea*. Para poder entender el metabolismo de la planta que se ve obligada a producir fibras extremadamente resistentes. Eventualmente se podría cultivar este tipo de plantas en suelos con calidad controlada para obtener producción industrial de fibras.

El caucho natural sin procesar conocido como látex y demora aproximadamente 5 minutos en proceso de laminado y mezclado.

La Resistencia obtenida de la matriz compleja resulta más del doble respecto lo que se encuentra en la geomembrana comercial, por tanto es conveniente explorar el uso de la matriz obtenida para recubrimientos de suelo en vertederos y depósitos o confinamientos de residuos peligrosos.

Debido a que la matriz completa es puramente natural, es conveniente hacer un estudio de la cinética de la degradación microbiológica del caucho natural vulcanizado con fibra de cabuya, de esto se puede predecir la vida útil de estos materiales cuando están sometidas a actividades microbiológico.

## **VII.REFERENCIAS**

1. Addleson, L. aspecto físico y química de la materia y la estructura de los materiales. Edi.S.A. Brasil .2001. ISBN 8429120041.
2. Alejandro, besednjak. D. materiales compuestos en proceso de fabricación de embarcaciones. ed. UPC .España- 2005 ISBN 8483018209.
3. Ángel, vian. Introducción a la química industrial. Ed. Reverte. España- 1994 ISBN 9788429179330
4. Riba, R.C. selección de materiales en el diseño de máquinas. Universidades politécnicas de Cataluña. España-2008. ISBN 978848804065
5. Collantes, Hugo. nanocompuesto de caucho natural reforzado con arcilla. Lima. Universidad nacional de ingeniería. 2013.34pp
6. Derek, Hull. materiales compuestos. ed. reverté .S. A. Bogotá.2003.ISBN 8429148396.
7. Primo, Y.E. química orgánica básica y aplicada de la molécula a la industria. ed. reverté. Colombia-1996. ISBN 8429179534
8. Esparza, Andrian. plan de estrategia de relaciones comunitarias, elaboración de hilo y artesanía de fibra de cabuya. México.UNAM.2013.45pp.
9. FRED, W. "Y" BILLMEYER, J. ciencia de los polímeros.ed.reverte. Argentina. institute, troy, new york.2004.187pp.ISBN 8429170480
10. Garcilaso de la Vega, inca. Historia general del Perú. Lima. Biblioteca nacional-Perú. 1940. VIII.13pp.
- 11.KENY-SEE, CHOW "y" KIEW-LIAN, WAN."et al" .insights into rubber biosynthesis from transcriptome analysis of hevea brasiliensis latex. *Journal of Experimental Botany*.(2007). Volume 58.pp.2429-2440.
12. López, Juan Manuel. Transformación de material termoplástica. Ecuador. universidad de QUITO.2009.50-52pp.ISBN 9788416173181.

13. Mateo, S. introducción a la estanquidad industrial. ed. Visión. España-2011.ISBN 8497702433.
14. Ministerio de Ambiente .Desarrollo sostenible de la amazonia. edi.E.I.R.L. Lima. Biblioteca nacional Perú n°2010-16537.38. pp.
15. Rosa fax, N.y Piñero, R. congreso nacional de propiedades mecánicas. Ed. universidad de Cádiz. España -2008.ISBN 97884982822122.
16. RODRIGUEZ, Lady. Elaboración de un material biocompuesto a partir de la fibra de plátano. Colombia. universidad nacional de colombia.2014.42pp.
17. STERLING, CUELLER."Y".RODRIGUEZ, ARMANDO."ET AL". Ampliación de la base genética de caucho natural con proyección para la amazonia Colombia.ed.scrito.S.A.s.COLOMBIA.Institucion amazónica de investigación científico –sinchi. (2012).456-458pp. ISBN.978958831772<sup>a</sup>
18. YUREFA, Eduardo. Química Orgánica básica y aplicada. Ed. Reverte. España. Universidad politécnica de valencia.2012.321pp.ISBN 8429179534.
19. E.paul degramo, J.temple. materiales y procesos de fabricación.ed. Macmillan publishing .co,new york ,USA. España .2002. volumen 1.48,p. ISBN 8429148221
20. A.Mansilla. influencia de microestructura en las propiedades mecánicas y térmicas de mezcla de caucho natural y caucho estireno butadieno.2012.facultad de ciencia exactas y naturales. Universidad buenos aires.
21. W.urrego. efectivo del sistema de vulcanización en la cinética de reacción y en las propiedades físicas –químicas de una caucho colombiano. 2014. Ing., wurrego@eafit.edu.co, Grupo de investigación en materiales de ingeniería, Ingeniería de diseño de producto, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
22. Feliú, José Luis. Introducción a la nanotecnología. *Tecnología del látex*. Bolivia. revista SLTcaucho (9),22-23,20)

23. Muñoz, Fernando. Denim con fique: nueva aplicación textil. Colombia. Revista universitas científica (12) ,4-13. 2017.
24. Miranda, José miguel. Sierra, Manuel. ingeniería *de microondas técnica experimental* .ed. Pearson educación. España. 2008.ISBN 8420530999
25. Senner, Adolf. Principios de electrotecnia de materiales.ed.reverte.S.A.Brasil.ISBN. 8429 134484
26. Stupenengo, franco. *Materiales compuestos y materias primas* ed. Claudia crowe. Argentina .derecho de reserva ministerio de educación .institución nacional de educación tecnológico 2011
27. Rodríguez becerra, maría. Diseño y desarrollo de un proceso e coeficiente no- convencional de vulcanización de caucho.ed.CIATEC.C.2013. Tesis de doctorado
28. Almeida Salazar, gissela. *utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de bloques de mampostería para mitigar el impacto ambiental en el cantón ambato*. Ecuador. 2011. Universidad técnica de Ambato .tesis
29. Reyes Sánchez, Javier Eduardo. Automotivación de sistema de control y monitoreo de una autoclave para el proceso de vulcanización del caucho en caldo de lona.2011.universidad católica del Perú. Tesis.
30. Guerrero,P.tomayo, A. “materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibras naturales y sintéticos”. Ecuador.2013 volumen 8.ISSN.1390-4663.tesis
31. Jeremías pinto Rodríguez(2013).” Materiales y atención de servicio fibras de cabuya”. Editorial MEXICO. ISBN 978 8417 34 637.
32. A reyes-herrera F, Vélez Ruiz Recítela. *Estudio del proceso combinado de deshidratación osmótica y secado con aire de jícama* volumen 11.colombia (85) 01/06/2011 ISSN: 2027-6850.
33. M Isabel García planas y Domínguez García José L. introducción a la teoría de matrices positiva aplicaciones. Barcelona universidad politécnicas de Catalunya 2013 p24 ISBN 978 847653 9668

34. C H Rodríguez león y armando sterling Cuéllar. Ampliación de la base genética del caucho natural con proyección para la amazonia colombiana: fase de evaluación en periodo improductiva a gran escala Colombia 2012. ISBN 9789588317724
35. F Gonzales Alcaraz. Nomenclatura de química orgánica. Universidad de Murcia España 1991 ISBN 8476842422
36. Fieser y Mary Fieser. Química orgánica universidad de Harvard estados unidos 2009
37. Carlos nunez, Antonio roca, Jordi jorba. Comportamiento mecanico de los materiales. volumen .ed. Revisado y actualizar. Barcelona 2010. ISBN 9788447536269
38. Happold, K. feiler, A. reinhard y P. Schmidt. Tecnología de metales para profesionales técnica-mecánica. Mexico. 2013. ed. reverté. S.A. ISBN 8429160140

## VIII. ANEXOS

Anexos 1 . Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
General	General	General	Variable independiente		
¿Cómo crear un material biocompuesto mecánicamente estable a partir de caucho natural con la fibra de cabuya mediante el vulcanizado, Lima 2018?	Obtener un material biocompuesto mecánicamente estable a partir de caucho natural con la fibra de cabuya mediante el vulcanizado	<p><b>Ho:</b> El caucho natural no puede vulcanizarse con fibra de cabuya para producir un material biocompuesto mecánicamente estable; lima 2018.</p> <p><b>Ha:</b> El caucho natural si puede vulcanizarse con fibra de cabuya para producir un material biocompuesto mecánicamente estable; lima 2018.</p>	vulcanizado del caucho natural con fibra de cabuya	Cantidad de caucho natural	Proporción alto $X_2$
					Proporción bajo $X_2$
				Cantidad de fibra de cabuya	Proporción alto $X_1$
					Proporción bajo $X_1$
Específicos	Específicos	Específicos	Variable dependiente		Indicadores
¿Cuál es la composición óptima de fibra de cabuya con caucho natural para obtener un material biocompuesto con mayor resistencia a la tracción?	Determinar la influencia de la fibra de cabuya en el vulcanizado de caucho natural en la producción de material biocompuesto mecánicamente estable	<p><b>Ho<sub>1</sub>:</b> La fibra de cabuya no influye en la vulcanización con el caucho natural para obtener material biocompuesto mecánicamente estable.</p> <p><b>Ha<sub>1</sub>:</b> La fibra de cabuya influye en la vulcanización con el caucho natural para obtener material biocompuesto mecánicamente estable.</p>	material biocompuesto mecánicamente estable	Propiedad mecánica	Resistencia a la tracción
					Elongación
¿Cuál es la composición óptima de caucho natural para obtener un material biocompuesto con mayor resistencia a la elongación?	Determinar la influencia de caucho natural en vulcanizado con fibra de cabuya en la producción de material biocompuesto mecánicamente estable.	<p><b>Ho<sub>2</sub>:</b> El caucho natural no influye en su vulcanización con fibra de cabuya para obtener material mecánicamente estable.</p> <p><b>Ho<sub>2</sub>:</b> El caucho natural influye en su vulcanización con fibra de cabuya para obtener material mecánicamente estable.</p>			

Fuente: Propia del Autor

Anexos 2 Instrumento de recojo de datos

Condiciones de operación del proceso vulcanizado				
PRESION.20 0psi	Temperatura.164°C		Tiempo .5 minuto	
Variable independiente				
Tratamiento	Fibra de cabuya	Observación	Caucho natural	Observación
T1	30	Durante el proceso de laminado. Si instalo un recipiente para evitar la pérdida de los componentes de la mezcla	50	El caucho natural utilizado fue sin procesar, llamado látex, este fue de color blanco antes del recauchado y luego crema
T2	70		50	
T3	30		125	
T4	70		125	
T5	50		100	
T6	50		100	
T7	50		100	
T8	50		100	
T9	50		100	

Fuente: Propia del Autor.

Anexos 3 Instrumento de recojo de datos

Condiciones de operación del proceso vulcanizado				
PRESION.20 Opsí	Temperatura.164°C	Tiempo .5 minuto		
condiciones de la evaluación de las muestras				
método ASTM D-421	Temperatura 20°C	Humedad relativa 65%		
Variable dependiente				
Tratamiento	Tracción (Pa).	Observación	Elongación(kg)%	Observación
T1	5.3	<b>SE UTILIZÓ MAQUINA DE TRACCIÓN UNIVERSAL. ZWICK ROELL Z010</b>	25.4	<b>SE UTILIZÓ MAQUINA DE TRACCIÓN UNIVERSAL. ZWICK ROELL Z010</b>
T2	4.1		55.9	
T3	6.0		27.4	
T4	5.5		11.9	
T5	4.03		287.6	
T6	2.96		64.5	
T7	3.98		137.7	
T8	2.98		58.0	
T9	3.16		850.3	

Fuente: Propia del Autor.

Anexos 4 Instrumentos de Validación



INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: Lemaque Avocacion, Fernando  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: UCV - Coord. Investigación de Ambiente  
 1.3. Especialidad del experto: Ing. Ambiental

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					81
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					81
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					81
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					81
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					81
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					81
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					81
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					81
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					81
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					81

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....  
 .....

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, 12 de 07 de ..... del 2018.

*[Firma manuscrita]*

81

Firma de experto Informante  
 DNI: 07268863

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE  
INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: Jose Elby Cuellar Bautista  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Director de Investigación - INIA  
 1.3. Especialidad del experto: Muj. Forestal

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:**

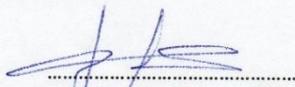
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					81
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					81
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					81
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					81
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					81
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					81
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					81
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					81
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					81
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					81

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....  
 .....

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

San Juan de Lurigancho, 12 de ..... 7 del 2018.

  
 .....  
 Firma de experto Informante  
 DNI: 89307073

81

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: Cabello Torres Rita Jaqueline  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: D.T.C - UCV Lima Este 7  
 1.3. Especialidad del experto: Ing. Mec.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.				X	X
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.				X	
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.				X	
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.				X	
EFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					X
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					X
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					X
ADHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					X
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					X

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....  
 .....

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

San Juan de Lurigancho, ...de ..... del 2018.

  
 .....  
 Firma de experto Informante  
 DNI: ..... 08947596

90%

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE  
INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: EDUARDO RONALD ESPINOZA FANFAN  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: DIRECTOR / UCV-LIMA 7. ESTE  
 1.3. Especialidad del experto: INGENIERO AMBIENTAL Y DE RRNN

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					85
EFFECTIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					85
RELEVANCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					85
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					85
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					85
COHERENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					85
EFECTUALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					85
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					85
REFERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					85
LOGICIDAD	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					85

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....  
 .....

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

San Juan de Lurigancho, 02 de Julio del 2018.

  
 .....  
 Firma de experto Informante  
 DNI: 4877772

85%

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y nombres del informante: Dr./Mg.: Martel Javier E.A  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente  
 1.3. Especialidad del experto: Dr. Ingeniería Ambiental

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.				70	
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.				70	
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.				70	
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.				70	
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.				70	
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.				70	
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.			50		
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.			60		
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.				70	

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación? Construir una 2da Hipotesis Especifica  
Influencia de fibra en el caucho con la formula fester.

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

San Juan de Lurigancho, ...de ..... del 2018.

*[Firma manuscrita]*

Firma de experto Informante  
 DNI: 09331952

70

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: Vidaluzo Gonzales Leydi  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: ..... DTC Director Investig.  
 1.3. Especialidad del experto: ..... FIS Huancayo

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:**

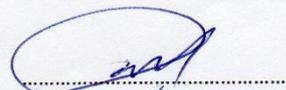
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.				80	
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.				80	
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.				80	
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.				80	
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.				80	
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.				80	
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.				80	
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.				80	
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.				80	
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.				80	

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?..... mejor organización de const.

**IV. PROMEDIO DEVALORACIÓN:**

San Juan de Lurigancho de Julio del 2018.

  
 .....  
 Firma de experto Informante  
 DNI: ..... 4032306

80

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: Vidaluzo Gonzales Leydi  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: ..... DTC Director Investig.  
 1.3. Especialidad del experto: ..... FIC Hualgay

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.				80	
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.				80	
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.				80	
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.				80	
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.				80	
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.				80	
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.				80	
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.				80	
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.				80	
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.				80	

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?..... mejor organización de const.

**IV. PROMEDIO DEVALORACIÓN:**

San Juan de Lurigancho de Julio del 2018.

  
 .....  
 Firma de experto Informante  
 DNI: ..... 4032306

80



### INFORME TÉCNICO N° 1012 – 18 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : OLIMPIA VILLAGARAY CRISÓSTOMO
  - 1.2 D.N.I. : 42365584
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 14 / 06 / 2018
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 20 / 06 / 2018
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 20 / 06 / 2018
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ENSAYO DE RESISTENCIA DE TRACCIÓN Y ELONGACION
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS : 05 MUESTRAS DE MATERIAL BIOCMPUESTO DE CAUCHO NATURAL (LÁTEX) Y FIBRA DE CABUYA
5. LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 20.0°C; Humedad relativa: 65%
7. EQUIPO UTILIZADO : MAQUINA DE TRACCIÓN UNIVERSAL. ZWICK ROELL Z010
8. MÉTODO UTILIZADO : ASTM D 412
8. RESULTADOS
  - 8.1 ENSAYO DE LA MUESTRA M1

N° REPETICIÓN	ANCHO (mm)	ESPEJOR (mm)	ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	ELONGACIÓN EN ESFUERZO MÁXIMO (%)	ESFUERZO ROTURA (MPa)	ELONGACIÓN EN ROTURA (%)
1	6,00	4,04	4,44	200,0	4,38	200,1
2	7,46	4,13	3,88	161,2	3,84	161,9
3	7,03	3,30	4,60	177,1	4,38	177,2
PROMEDIO	6,83	4,16	4,31	179,4	4,20	179,7

#### 8.2 ENSAYO DE LA MUESTRA M2

N° REPETICIÓN	ANCHO (mm)	ESPEJOR (mm)	ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	ELONGACIÓN EN ESFUERZO MÁXIMO (%)	ESFUERZO ROTURA (MPa)	ELONGACIÓN EN ROTURA (%)
1	7,00	2,73	3,09	101,9	3,08	102,2
2	6,74	3,96	3,36	126,6	3,32	129,0
3	6,51	3,07	3,71	126,4	3,63	126,9
PROMEDIO	6,75	3,25	3,39	118,3	3,34	119,3

### 8.3 ENSAYO DE LA MUESTRA M3

Nº REPETICIÓN	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	ELONGACIÓN EN ESFUERZO MÁXIMO (%)	ESFUERZO ROTURA (MPa)	ELONGACIÓN EN ROTURA (%)
1	7,44	3,48	3,99	184,4	3,95	184,5
2	7,52	2,93	3,64	145,6	3,63	145,7
3	7,41	3,05	3,66	113,8	3,57	113,9
PROMEDIO	7,46	3,15	3,76	148,0	3,71	148,1

### 8.4 ENSAYO DE LA MUESTRA M4

Nº REPETICIÓN	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	ELONGACIÓN EN ESFUERZO MÁXIMO (%)	ESFUERZO ROTURA (MPa)	ELONGACIÓN EN ROTURA (%)
1	7,90	3,03	2,59	74,8	2,45	75,6
2	7,21	3,25	2,52	69,8	2,44	71,8
3	6,90	2,79	2,60	46,5	2,40	52,6
PROMEDIO	7,34	3,02	2,57	63,7	2,43	66,7

### 8.5 ENSAYO DE LA MUESTRA M5

Nº REPETICIÓN	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	ELONGACIÓN EN ESFUERZO MÁXIMO (%)	ESFUERZO ROTURA (MPa)	ELONGACIÓN EN ROTURA (%)
1	7,52	3,20	5,65	173,9	5,61	174,1
2	7,53	2,95	7,03	251,0	7,03	251,0
3	7,23	3,20	7,23	236,7	6,98	237,0
PROMEDIO	7,43	3,12	6,63	220,5	6,54	220,7

### 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Jesús Utano Reyes  
Analista Químico  
LABICER - UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Responsable de Análisis  
Jefa de Laboratorio  
CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Mecánica**

**Laboratorio de Energía - Lab. 05**

**5. RESULTADOS**

**5.1 ENSAYO DE TRACCION**

MUESTRA	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud inicial (mm)	Longitud Fime (mm)	Fuerza máxima de rotura (kg)	Esfuerzo máximo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Elongación (%)
M1	2,45	7,33	25,4	31,86	5,3	29,51	25,4
M2	2,64	7,44	25,4	39,62	4,1	20,36	55,9
M3	2,83	7,45	25,4	32,36	6,0	28,45	27,4
M4	3,60	6,98	25,4	28,43	5,5	21,88	11,9
M5	2,41	6,85	25,4	98,47	3,0	18,17	287,6

**5.2 ENSAYO DE FLEXIÓN**

MUESTRA	NUMERO DE CICLOS	OBSERVACION
M1	10000	No se detectó deformación ni fisura alguna ,OK
M2	10000	No se detectó deformación ni fisura alguna ,OK
M3	10000	No se detectó deformación ni fisura alguna ,OK
M4	10000	No se detectó deformación ni fisura alguna ,OK
M5	10000	No se detectó deformación ni fisura alguna ,OK

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
LABORATORIO DE ENERGIA  
LAB. 05 - HID.  
JEFATURA  
ING. SEBASTIAN LAZO OCHOA  
CIP. 74236  
Jefe (e) del laboratorio de Energía - Lab. 05

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Telf.: 481-1070 Anexo 4433 / 482-3638  
E-mail: lab5energiafim@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Laboratorio de Energía - Lab. 05

5. RESULTADOS

5.1 ENSAYO DE TRACCION

MUESTRA	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Fuerza máxima de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Elongación (%)
M5	2,37	6,90	25,4	41,8	4,03	24,6	64,5
M6	2,70	7,10	25,4	60,4	2,96	15,4	137,7
M7	3,16	7,65	25,4	40,14	3,98	16,4	58,0
M8	2,62	6,89	25,4	45,4	2,98	16,5	78,7
M9	2,33	6,90	25,4	241,4	3,16	19,6	850,3

5.2 ENSAYO DE FLEXIÓN

MUESTRA	NUMERO DE CICLOS	OBSERVACION
M1	10000	No se detectó deformación ni fisura alguna ,OK
M2	10000	No se detectó deformación ni fisura alguna ,OK
M3	10000	No se detectó deformación ni fisura alguna ,OK
M4	10000	No se detectó deformación ni fisura alguna ,OK
M5	10000	No se detectó deformación ni fisura alguna ,OK

ING. SEBASTIAN LAZO OCHOA  
CIP. 74236  
Jefe (e) del laboratorio de Energía - Lab. 05

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Telf.: 481-1070 Anexo 4433 / 482-3638

ANEXOS



FIGURA N°1: GRÁFICA DE RESISTENCIA VS ELONGACIÓN DE LA MUESTRA M1

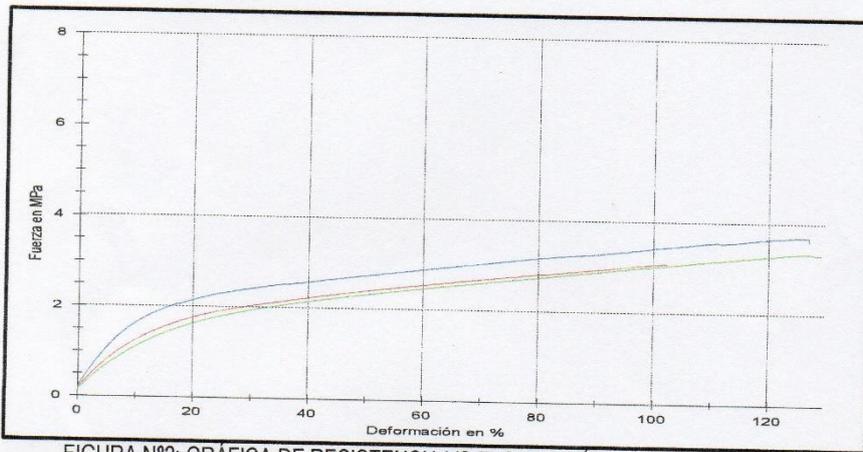


FIGURA N°2: GRÁFICA DE RESISTENCIA VS ELONGACIÓN DE LA MUESTRA M2

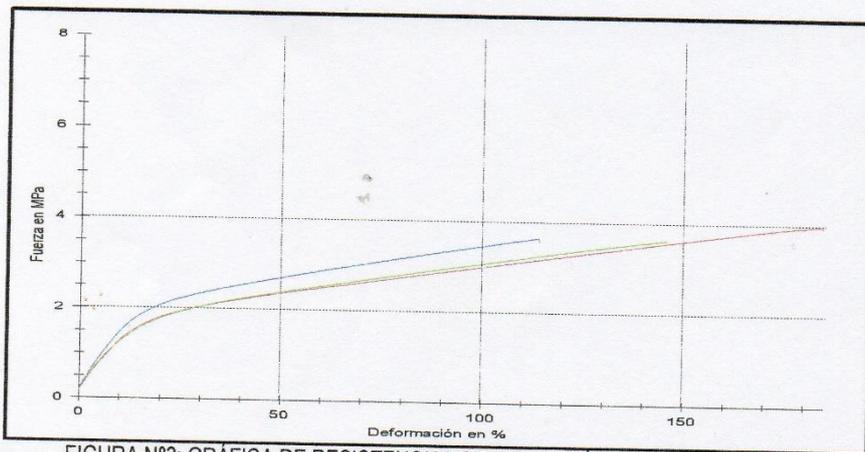


FIGURA N°3: GRÁFICA DE RESISTENCIA VS ELONGACIÓN DE LA MUESTRA M3



FIGURA N°4: GRÁFICA DE RESISTENCIA VS ELONGACIÓN DE LA MUESTRA M4

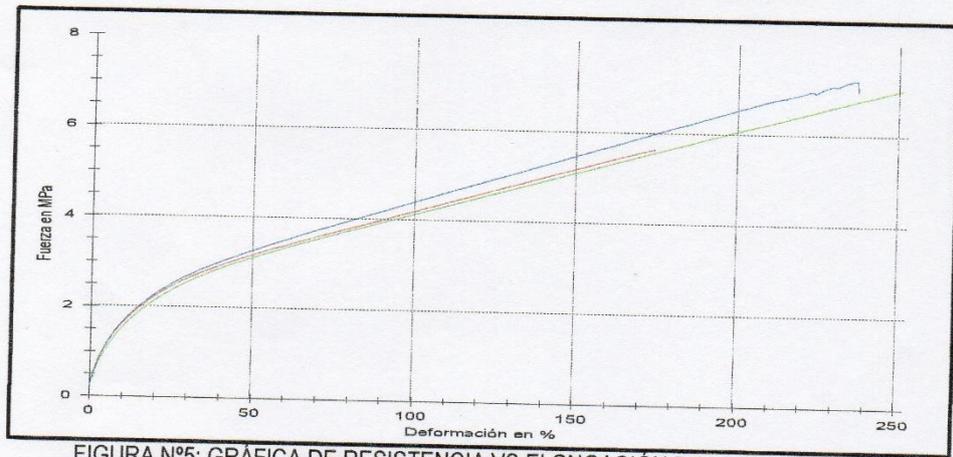
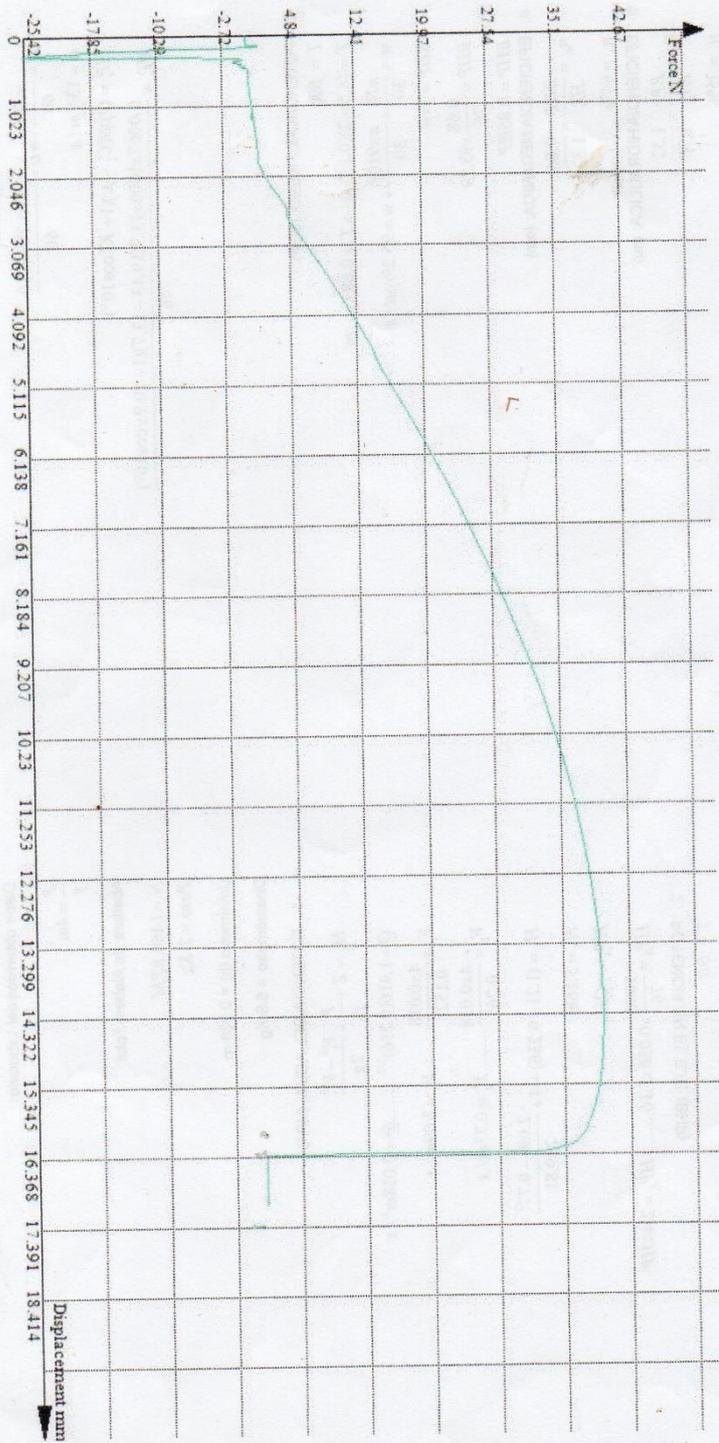


FIGURA N°5: GRÁFICA DE RESISTENCIA VS ELONGACIÓN DE LA MUESTRA M5



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Laboratorio de Energía – Lab. 05**

**ANEXO**



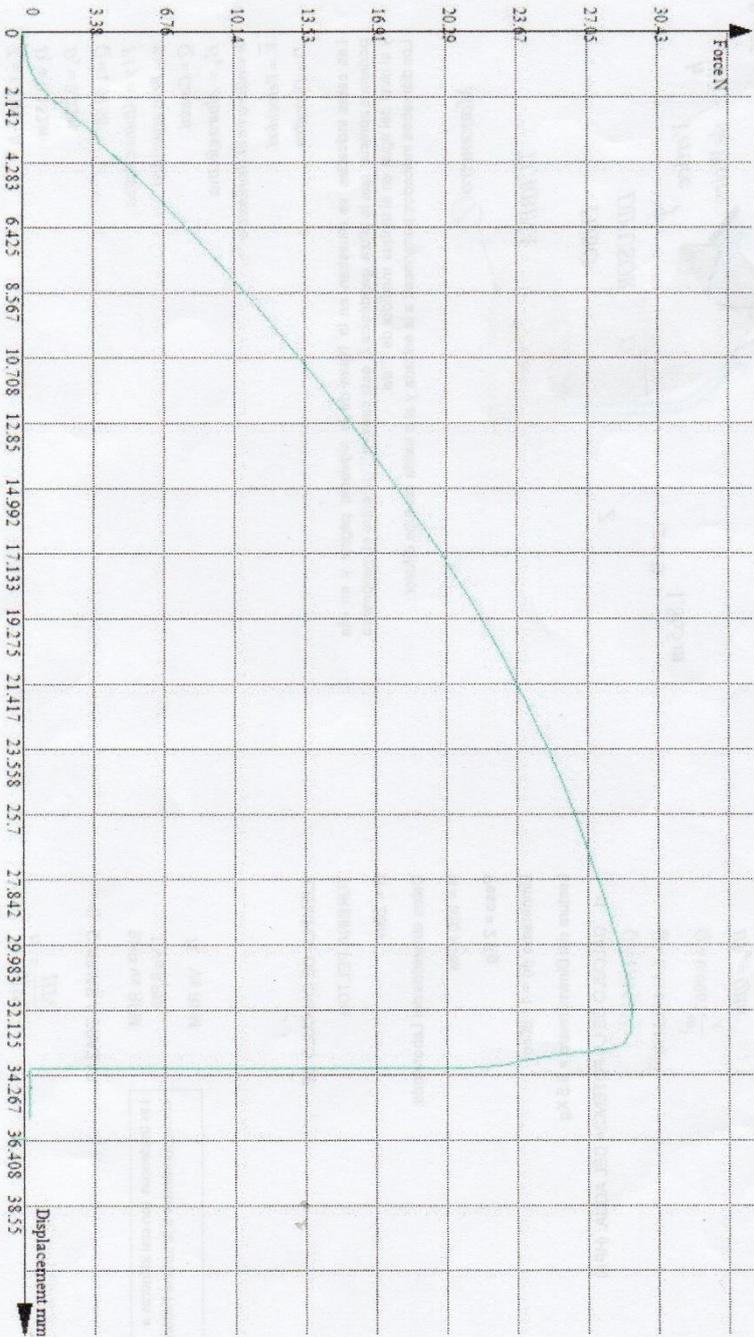
**MUESTRA MI**

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Telf.: 481-1070 Anexo 4433 / 482-3638  
E-mail: lab5energi@uni.edu.pe





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Laboratorio de Energía – Lab. 05**



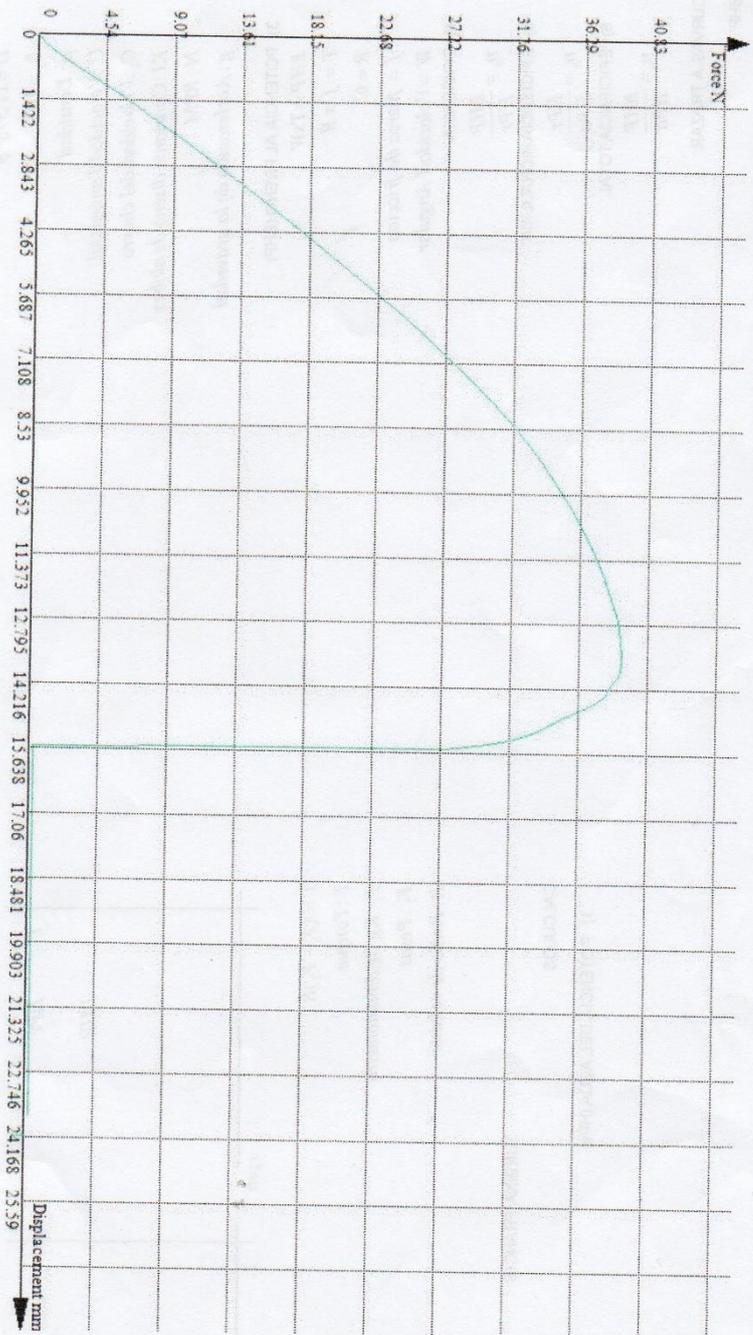
**MUESTRA M2**

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Telf.: 481-1070 Anexo 4433 / 482-3638  
E-mail: lab5energiatim@uni.edu.pe





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Laboratorio de Energía – Lab. 05**



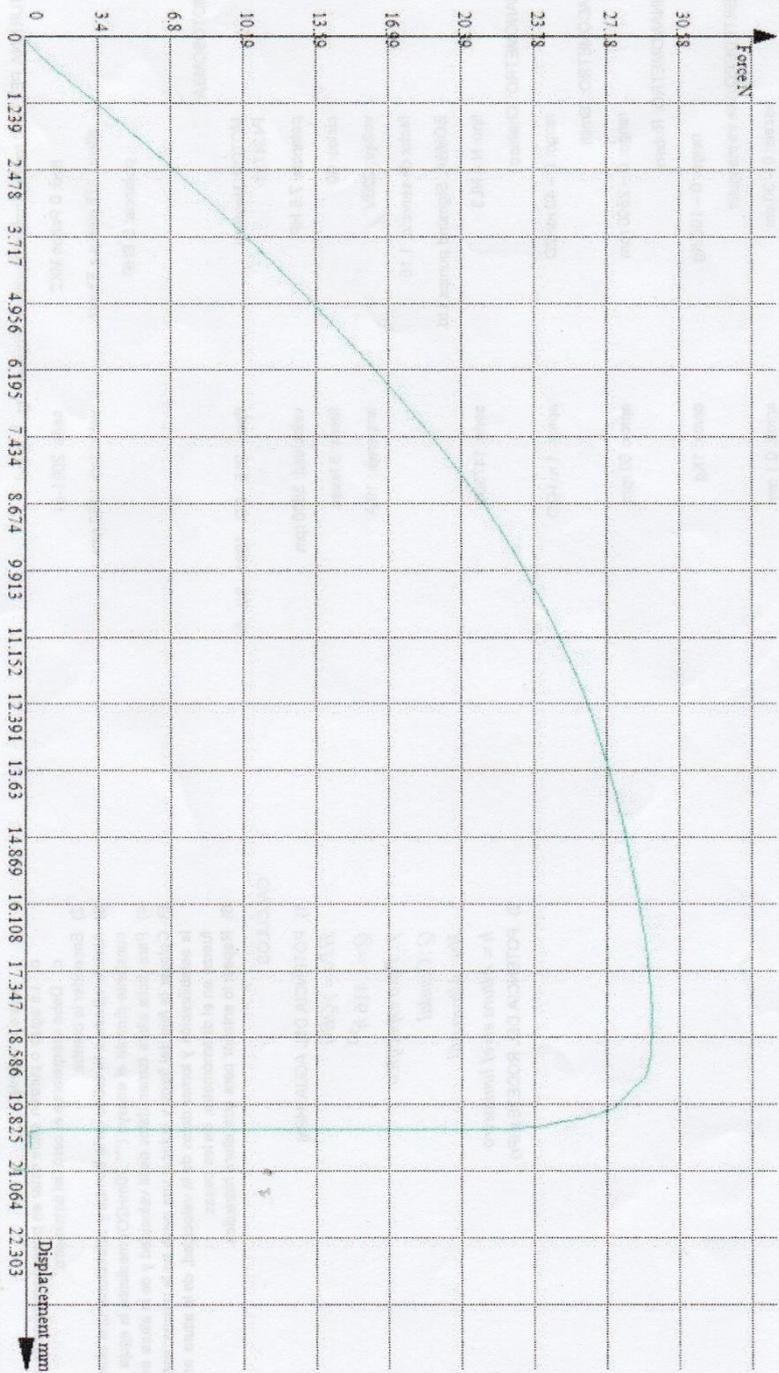
**MUESTRA M3**

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Telf.: 481-1070 Anexo 4433 / 482-3638  
E-mail: lab5energiafm@uni.edu.pe





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Laboratorio de Energía – Lab. 05**



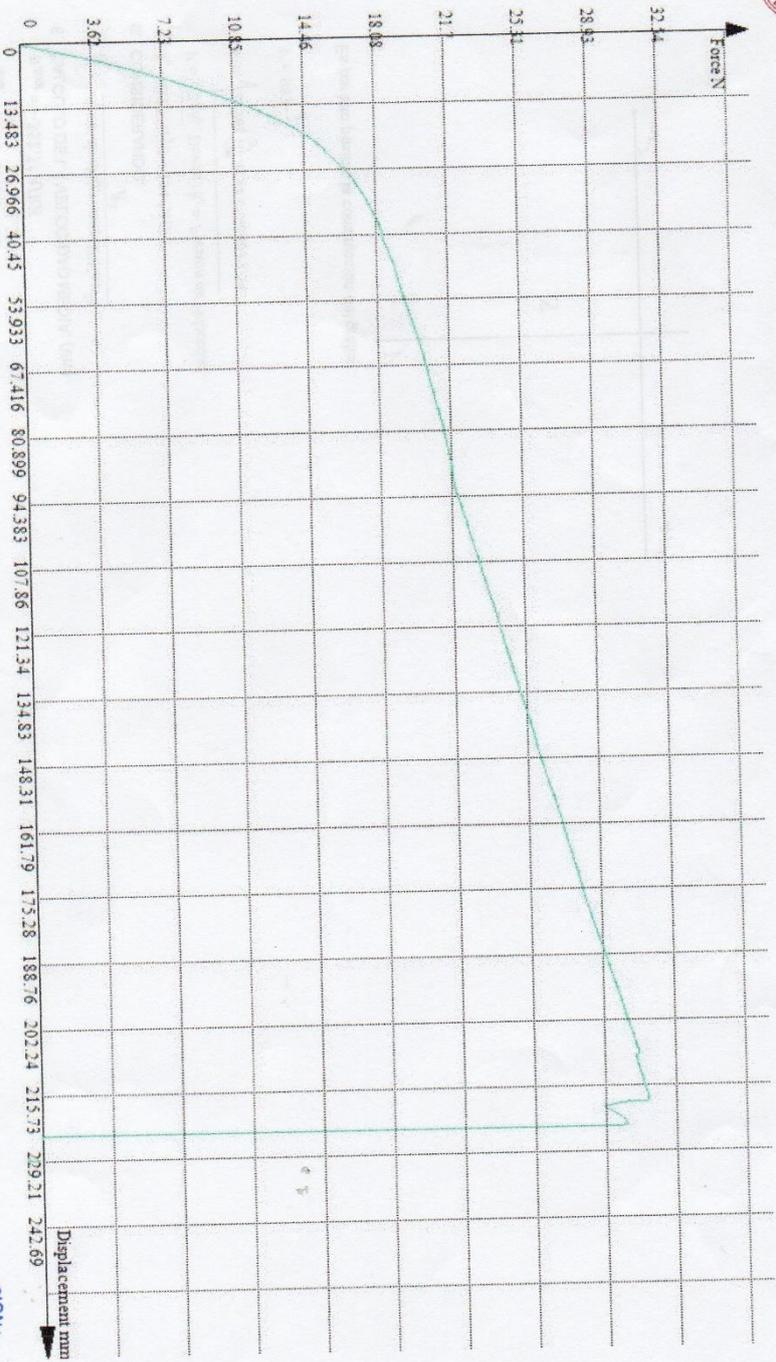
**MUESTRA M4**

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Telf.: 481-1070 Anexo 4433 / 482-3638  
E-mail: labSenerglafim@uni.edu.pe





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**  
**Laboratorio de Energía - Lab. 05**



**MUESTRA M5**

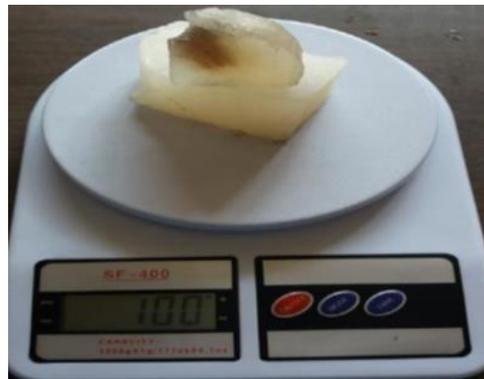
Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Telf.: 481-1070 Anexo 4433 / 482-3638



Furcraea Andina



fibra de furcraea



Fibra de cabuya y caucho natural



En proceso de laminado



Añadir los insumos quimicos



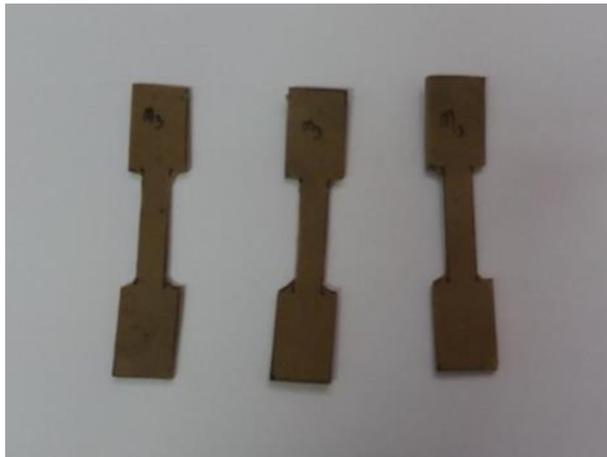
En proceso de laminado en la muestra 01 hasta 18 muestras



Moldeo por compresión en caliente Caucho en natural después de prensa hidráulica

MAQUINA DE TRACCIÓN UNIVERSAL. ZWICK ROELL Z010





Probeta de traccion



Probeta despues del ensayo

### Material Biocompuesto





**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD  
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 6

Yo, Fernando Antonio Sernaque Aucchuasi, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental, de la Universidad César Vallejo - Lima Este (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

*"Producción de material biocompuesto mecánicamente estable a partir del vulcanizado de caucho natural con fibra de cabuya, Lima, 2018"*

, del (de la) estudiante *Villagoray Crisostomo, Olimpia*

constato que la investigación tiene un índice de similitud de *12*...% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 17 de julio del 2018

Firma

Fernando Antonio Sernaque Aucchuasi  
DNI N° 07268863

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

