

**INSTITUTO TECNOLÓGICO “MARIA CRISTINA”  
COCHABAMBA- BOLIVIA**



**PROYECTO DE GRADO**

**OBTENCIÓN DE HILO ECOLÓGICO A BASE DE LA HOJA DE  
AGAVE SISALANA EN EL DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA**

**POSTULANTE: MARIA TERESA BELMONTE TAPIA**

**Proyecto de Grado presentado como  
requisito parcial para optar al título de  
Técnico Superior en Industria Textil y  
Confeción.**

**TUTOR: LIC. WILSON RAFAEL FLORES CATARI**

**COCHABAMBA, 2021**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias ellos he logrado llegar hasta aquí muchas gracias por todo.

A mis hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a mis docentes aquellos que me abrieron las puertas del conocimiento y compartieron su sabiduría conmigo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen el instituto tecnológico “María Cristina” por la confianza y el apoyo.

De igual manera mis agradecimientos a mis docentes, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Lic. Wilson Rafael Flores Catari, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

## INDICE GENERAL

INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I .....	2
1.1 Tema .....	2
1.2 Diagnóstico y Justificación .....	2
1.2.1 Diagnóstico .....	2
1.2.2 Justificación .....	2
1.3 Planteamiento y formulación del problema .....	4
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo General .....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
1.5 Enfoque metodológico .....	5
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	8
2.1 Hilo .....	8
2.2 Fibras vegetales .....	8
2.3 Ecología Textil .....	8
2.4 Medio ambiente .....	9
2.5 Agave Sisalana .....	9
2.6 Métodos de extracción mecánica .....	12
2.6.1 Método de extracción por enriado .....	12
2.6.2 Método de extracción por descortezado .....	12
2.7 Métodos de extracción química .....	13
2.7.1 Extracción con hidróxido de sodio .....	13

2.7.2 Extracción con peróxido de hidrógeno.....	13
CAPITULO III. PROPUESTA DE INNOVACIÓN O SOLUCIONES DEL	
PROBLEMA .....	14
3.1 Propuesta de innovación técnica.....	14
3.2 Instrumentos y técnicas de investigación.....	14
3.2.1 Equipos .....	14
3.2.2 Materiales .....	14
3.2.3 Insumos, etc.....	15
3.2.4 Técnicas .....	16
3.2.4.1 Investigación experimental.....	16
3.2.4.2 Métodos de extracción física - Método de extracción manual .....	16
3.2.5 Presupuesto.....	16
3.2.6 Procesos o Procedimientos .....	17
3.2.6.1. Acopio, selección y extracción .....	17
3.2.6.2 Procesos de suavizado a la fibra.....	23
3.2.6.3 Proceso de hilado.....	38
3.2.6.4 Evaluación del hilo obtenido .....	42
CAPITULO IV. RESULTADOS ESPERADOS .....	46
CAPITULO V. CONCLUSIONES .....	47
6 RECOMENDACIONES .....	48
7 FUENTES DE INFORMACION BIBLIOGRAFICAS .....	49

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Equipos .....	14
Tabla 2 Materiales .....	15
Tabla 3 Insumos .....	16
Tabla 4 Presupuesto.....	16
Tabla 5 Datos de los laboratorios .....	31
Tabla 6 Criterios de factibilidad de extracción.....	31
Tabla 7 Criterios de liberación de fibras .....	31
Tabla 8 Criterios de color de la fibra.....	32

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Planta de agave sisalana .....	17
Ilustración 2 Hoja seca de agave sisalana.....	18
Ilustración 3 Hoja fresca de agave sisalana .....	18
Ilustración 4 Corte transversal de la hoja. ....	19
Ilustración 5 Hojas remojadas .....	19
Ilustración 6 Extendiendo la hoja .....	20
Ilustración 7 Rociando con agua la hoja.....	20
Ilustración 8 Machacando la hoja.....	21
Ilustración 9 Retirando la capa celulosa de la hoja .....	21
Ilustración 10 Fibra extraída.....	22
Ilustración 11 Calificación de cada producto según criterios de evaluación.....	32
Ilustración 12 Escala cuantitativa de evaluación .....	32
Ilustración 13 Fibra teñida.....	38
Ilustración 14 La torción del hilo es “Z” .....	39
Ilustración 15 Hilando con la maquina semi industrial .....	40

Ilustración 16 Hilado semi industrial en torsión “Z” .....	40
Ilustración 17 Longitud de la fibra .....	42
Ilustración 18 Peso de hilo seco .....	43
Ilustración 19 Peso de hilo húmedo.....	43
Ilustración 20 Observación microscópica teñido azul .....	44
Ilustración 21 Observación microscópica teñido verde.....	44
Ilustración 22 Observación microscópica teñido rojo .....	45

## INTRODUCCIÓN

Existe un exponencial crecimiento de la población mundial durante el último siglo, en 2011 la población mundial alcanzó los 7.000 millones de personas y, en la actualidad, el planeta se encamina hacia los 8.000 millones de personas pese al impacto de la pandemia de COVID-19 desde noviembre de 2019. (Iberdrola S., 2019)

Lograr una gestión eficiente y sostenible sobre el medio ambiente, es importante y urgente un compromiso a nivel mundial con un enfoque sistemático para reducir el impacto ambiental. (Gonzales, 2013)

La industria textil siempre ha estado presente en la vida de las personas pues desde la larga data los seres humanos han creado prendas para protegerse de las variaciones climáticas, lo que ha ido evolucionando con el tiempo hasta la actualidad, pero este sector ha causado grandes estragos sobre el medio ambiente por mucho tiempo, debido al uso de especies, al proceso de fabricación, uso y desecho de las prendas de vestir que contaminan e impactan negativamente a las zonas naturales y por ende afectando a todo ser vivo. (Cecodes, 2018)

Las fibras vegetales están presentes en nuestra vida cotidiana, particularmente en los textiles y el papel o el cartón, en sus diversas modalidades. (Chabbet, 2010)

Las necesidades humanas básicas de vestimenta y cobijo para protegerse del medio en el que habitamos se han cubierto tradicionalmente, y en gran medida, con plantas de fibra en todas las culturas humanas. Además, las fibras vegetales han ocupado un lugar privilegiado en la cultura material de múltiples sociedades en el mundo, ya que han sido la materia prima básica para construir diversos y tejido artesanal. (Gijón, 2009)

## **CAPITULO I**

### **1.1 Tema**

Obtención de hilo ecológico a base de la hoja agave sisalana en el departamento de Cochabamba.

### **1.2 Diagnóstico y Justificación**

El presente proyecto presente como diagnóstico y justificación lo siguiente.

#### **1.2.1 Diagnóstico**

Bolivia es rica en biodiversidad y recursos genéticos, para desarrollar la economía o, al menos para tener un ingreso que beneficie al país, debe preservar esa biodiversidad. En Bolivia tenemos fibras que sirven para la industria textil. (Sarganaga, 2019)

La planta de sisal tiene una vida total de aproximadamente veinticinco años, de los cuales 18 a 20 en producción. Cuando está en su etapa productiva rinde cerca de 30 hojas por año. Cada hoja es sujeta a un proceso de desfibración o descorticación con maquinaria especializada que varía en función de la región en donde se lleve a cabo el proceso. (Naturalista, 2019)

El sisal es una especie de agave, también llamado agave sisalana, originaria de la región de Yucatán, México.

Su nombre proviene del puerto Sisal, ubicado en Yucatán, que era el puerto desde el cual se embarcaba esta planta y sus fibras para su exportación. Se caracteriza por ser una planta monocotiledónea que produce una fibra gruesa, dura y de coloración amarillenta o crema. (Quiminet, 2011)

#### **1.2.2 Justificación**

La industria textil ha estado en constante crecimiento y cada vez se busca innovar con nuevos productos que sean capaces de llamar la atención y satisfacer las necesidades humanas.

Para disminuir el impacto medioambiental que causan los procesos textiles ha nacido una nueva idea y se está convirtiendo atractiva para los consumidores, se trata de la moda ecológica o moda sostenible, la cual consiste en elaborar prendas de vestir, bolsos, artículos para el hogar, entre otras cosas que son realizados con fibras naturales procedentes del cultivo ecológico o fibras recicladas, tintes naturales no tóxicos y procesos de fabricación de bajo impacto medioambiental.

El uso de fibras ecológicas ayuda a disminuir la contaminación del medio ambiente ya que, al ser una fibra natural vegetal es más limpia y requiere de procesos menos contaminantes para su producción.

Son una opción saludable y una opción sostenible, las fibras naturales son un recurso renovable por excelencia. Y al final de su ciclo de vida, las fibras naturales son 100% biodegradables.

Alta en tecnología, las fibras naturales tienen una buena resistencia mecánica y bajo costo.

Son una opción responsable. La producción, procesamiento y exportación de las fibras naturales son de gran importancia económica para muchos países en vía de desarrollo y vital para la subsistencia y la seguridad alimentaria de millones de pequeños agricultores y procesadores.

Son moda. Hoy en día, las fibras naturales están en el centro del movimiento impulsado por la eco-moda o "ropa sostenible" que se enfoca en las preocupaciones globales: por el medio ambiente y por el bienestar de los productores y consumidores.

Y además que el reciclaje de los residuos puede proporcionar grandes beneficios, especialmente en la solución de los numerosos problemas ambientales y hasta fortalecer la economía del país.

### **1.3 Planteamiento y formulación del problema**

Ante el incremento de la población y la creciente preocupación por el cuidado del medio ambiente como también el fuerte impacto que causan distintas industrias, la industria textil siendo una de las más contaminantes a nivel mundial no puede quedar indiferente ante esta situación.

Por ello es necesario identificar cómo podemos acomodar las circunstancias a nuestro favor y conseguir efectos que no sean dañinos en el medio ambiente. Desarrollando productos textiles sostenibles y ecológicos que vayan de acuerdo a principios, metodologías y procedimientos que permitan, obtener diseños de acuerdo a conceptos de funcionalidad y calidad.

La contaminación de la industria textil es, en gran parte, responsabilidad de todos los productos de telas, fibras y prendas de vestir. Es nuestra responsabilidad tener un buen manejo de nuestros recursos como también preservar el medio ambiente.

Los residuos orgánicos tienen un fuerte impacto medioambiental, pudiendo contaminar la atmósfera, el suelo y las aguas (superficiales y subterráneas). Esto gracias a su alto contenido en materia orgánica inestable e inmadura.

### **1.4 Objetivos**

El presente Proyecto presenta los siguientes objetivos.

#### **1.4.1 Objetivo General**

Obtener hilo ecológico a base de la hoja de agave sisalana en el departamento de Cochabamba, en la provincia de Quillacollo dentro del municipio de Colcapirhua, zona Santa Rosa Central.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Acopiar, seleccionar y extraer las hojas de agave sisalana.
- Realizar procesos de suavizado a la fibra.

- Realizar el proceso de hilado.
- Evaluación física del hilo obtenido.

### **1.5 Enfoque metodológico**

Para el presente proyecto vamos a emplear la investigación experimental.

La investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.

Se trata de un experimento porque precisamente el investigador provoca una situación para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esa variable, y su efecto en las conductas observadas. El investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas.

La investigación experimental sigue las siguientes etapas:

a) Delimitar y definir el objeto de la investigación o problema. Consiste en determinar claramente los objetivos del experimento y las preguntas que haya que responder. Después se señalan las variables independientes, las dependientes, los parámetros constantes y la precisión necesaria en la medición de las variables. Se toma en cuenta la bibliografía existente, la región en que interesan los resultados, el equipo disponible y su precisión, y el tiempo y dinero disponibles.

b) Plantear una hipótesis de trabajo.

Para hacerlo se debe tener la certeza de qué tipo de trabajo se va a realizar: si se trata de verificar una hipótesis, una ley o un modelo, no hace falta plantear una hipótesis de trabajo; si el trabajo es complemento o extensión de otro, es posible que se pueda usar la hipótesis del trabajo original o hacer alguna pequeña modificación; si el problema por investigar es nuevo, entonces sí es necesario plantear una hipótesis de trabajo. Toda investigación comienza con una suposición, un presentimiento o idea de cómo puede ocurrir el fenómeno. Estas ideas deben estar suficientemente claras

para adelantar un resultado tentativo de cómo puede ocurrir dicho fenómeno: este resultado tentativo es la hipótesis.

c) Elaborar el diseño experimental.

Ya conocida la naturaleza del problema (si es de investigación, ampliación o confirmación), la precisión deseada, el equipo adecuado y planteada la hipótesis de trabajo, se debe analizar si la respuesta a nuestro problema va a ser la interpretación de una gráfica, un valor o una relación empírica; esto nos señalará el procedimiento experimental, es decir cómo medir, en qué orden, y qué precauciones tomar al hacerlo. Una vez determinadas estas etapas se procede a diseñar el experimento mediante los siguientes pasos: Determinar todos y cada uno de los componentes del equipo, acoplar los componentes, realizar un experimento de prueba e interpretar tentativamente los resultados y comprobar la precisión, modificando, si es necesario, el procedimiento y/o equipo utilizado.

d) Realizar el experimento.

Una vez realizado el experimento de prueba y la interpretación tentativa de resultados, realizar el experimento final casi se reduce a llenar columnas, preparadas de antemano, con lecturas de las mediciones, a detectar cualquier anomalía que se presente durante el desarrollo del experimento y a trazar las gráficas pertinentes o calcular el o los valores que darán respuesta al problema.

e) Analizar los resultados.

El análisis o interpretación de resultados, ya sean valores, gráficas, tabulaciones, etc., debe contestar lo más claramente posible la o las preguntas planteadas por el problema. En términos generales el análisis comprende los siguientes aspectos:

1) Si el experimento busca confirmar una hipótesis, ley o modelo, los resultados deben poner de manifiesto si hay acuerdo o no entre teoría (la hipótesis, ley o modelo) y los resultados del experimento. Puede suceder que el acuerdo sea parcial; de ser así también se debe presentar en qué partes lo hay, y en cuáles no.

2) Si es un experimento que discrimine entre dos modelos, los resultados deben permitir hacer la discriminación en forma tajante y proporcionar los motivos para aceptar uno y rechazar otro.

f) Obtener conclusiones.

Ya logrados los resultados del experimento el investigador debe aplicar su criterio científico para aceptar o rechazar una hipótesis o una ley; también es posible que haga alguna conjetura acerca de un modelo, o proponga la creación de otro nuevo, lo que conduciría a un nuevo problema. Generalmente se aplican los siguientes criterios:

1) Rechaza una hipótesis, ley o modelo, cuando comprueba experimentalmente que no se cumple. Basta que exista un solo fenómeno que no pueda explicar para desecharla.

2) Acepta como cierta —pero no como absolutamente cierta— una hipótesis, ley, teoría o modelo, mientras no se tenga la prueba de falla en la explicación de algún fenómeno.

3) Puede suceder que la hipótesis o modelo concuerden sólo parcialmente con el experimento, entonces es necesario especular acerca de las posibles razones de la diferencia entre la teoría y el experimento, y tratar de hacer nuevas hipótesis o modificaciones a la ya existente, lo que conduce a un nuevo problema. En las conclusiones se responden con claridad las preguntas planteadas en el experimento, comprobar si es o no válida nuestra hipótesis de trabajo o el modelo propuesto. Si hay preguntas sin respuesta, establecer por qué o si amerita, conjeturar acerca de la hipótesis o modelo que describa el fenómeno estudiado.

g) Elaborar un informe por escrito. Sus partes serán:

1) La definición del problema.

2) El procedimiento experimental.

3) Resultados.

4) Conclusiones. (Meyer., 2018)

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

### **2.1 Hilo**

Se denomina hilo al conjunto de fibras textiles, continuas o discontinuas, que se tuercen juntas alcanzando una gran longitud y que es directamente empleado para la fabricación de tejidos y para el cosido de estos. (Lopez, 2019)

Un hilo es una fibra elaborada, muy delgada, flexible y de longitud variable, que se obtiene de una materia textil de origen natural, artificial o sintético; se utiliza para coser y tejer. (Freud, 2018)

### **2.2 Fibras vegetales**

Las fibras vegetales son parte de las fibras naturales y se pueden extraer de diferentes partes de las plantas, como hojas, tallos, semillas o frutos. En función de la localización de la fibra en la planta, habitualmente se las clasifica en dos grandes grupos: fibras blandas y fibras duras. Las fibras blandas son aquellas que se encuentran en los tallos de las dicotiledóneas (plantas con dos cotiledones en la semilla); en este grupo se incluyen el lino, el yute o el cáñamo. Por su parte, las fibras duras se obtienen principalmente a partir de las hojas de las monocotiledóneas (plantas con un único cotiledón en la semilla), donde se disponen en forma de haces que se sobrepone unos con otros, lo que las hace más fuertes debido a su mayor grado de lignificación, esto es, que adquieren una mayor consistencia al acumularse más celulosa. (Marcia, 2006)

### **2.3 Ecología Textil**

Entendemos la ecología textil como el respeto al medio ambiente teniendo en cuenta el origen de los materiales y su procesado, siempre y cuando, no se utilicen procesos contaminantes. (Morant, 2016)

La necesidad de que los productos que se consumen se desarrollen a partir de materiales y procesos que no sean nocivos para el medio ambiente. (Rivero, 2019)

## **2.4 Medio ambiente**

El medio ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos, de las personas o de la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones futuras. Es decir, no se trata solo del espacio en el que se desarrolla la vida, sino que también comprende a los seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos. (Gomez, 2018)

## **2.5 Agave Sisalana**

Las principales características de la planta de sisal son:

- Es de tronco muy corto.
- Tiene una roseta con hojas compactas.
- Sus raíces son fibrosas y miden hasta 3 metros.
- Su tallo puede medir hasta un metro de alto con diámetro de 20 cm.
- Sus hojas miden entre 75 y 150 cm de largo y hasta 15 de ancho.
- Da frutos en forma de cápsulas con muchas semillas.

La fibra de sisal se caracteriza por ser más fuerte y resistente que el henequén, tiene una mayor resistencia a microorganismos y a incendios.

Esta fibra puede comenzar a extraerse desde que la planta de sisal tiene aproximadamente 2 años de edad y se lleva a cabo, por lo general, usando máquinas desfibradoras y raspadoras.

Al procesar la fibra del sisal industrialmente, se obtienen hilos de la fibra que serán utilizados en la fabricación de diversos objetos. (Quiminet, 2019)

Las fibras están situadas longitudinalmente en las hojas, siendo más abundantes cerca de la superficie de la hoja. Las hojas contienen alrededor de un 90% de humedad, pero la pulpa carnosa es muy firme, y las hojas son rígidas. La fibra tiene que ser extraída de las

hojas apenas cortadas, para evitar el riesgo de que se produzcan daños durante el proceso de limpieza una vez secas. La extracción de la fibra se hace raspando el material pulposo, generalmente mediante un proceso de descortezado mecánico, y arrancándolo manualmente.

Luego de la cosecha, sus hojas se cortan y aplastan para separar la pulpa de las fibras. El rendimiento medio de las fibras secas es cerca de una tonelada por hectárea, aunque en África oriental alcanza las 2,5 toneladas. (Huston, 2018)

En su estado natural, el sisal tiene un color entre cremoso y pajizo. Se puede blanquear para que sea blanco o teñir con varios colores con el fin de hacer productos decorativos estampados. También se puede tratar para suavizarlo, hacerlo más duradero o ayudarlo a resistir el crecimiento de hongos.

El sisal es demasiado áspero para usarlo, pero se puede usar para hacer alfombras, manteles individuales y tapetes. Se usa a menudo en felpudos por sus propiedades resistentes y duraderas, y la superficie gruesa lo hace ideal para atrapar la suciedad de los zapatos. Las alfombras de piso tienden a estar hechas de sisal de mayor calidad que puede tratarse para que sea liso, y el sisal también se puede usar para cosas como tapices, relleno de tapicería y artículos ornamentales. Se pueden utilizar fibras de desecho o fibras de baja calidad para fabricar papel y cartón. (Martinez, 2017)

El sisal tiene un futuro promisorio a causa no solo de sus nuevas aplicaciones sino también de la creciente sensibilización de la opinión pública sobre la inocuidad de las fibras naturales para el medio ambiente. Este mensaje ha sido ampliamente difundido durante el Año Internacional de las Fibras Naturales en 2009. El aumento del sisal en los mercados no tradicionales denota un reconocimiento cada vez mayor de un recurso valioso y diverso. En los residuos carnosos descartados en el descortezado del sisal podrían muy bien descubrirse, además de los piensos y el biogás, otros productos derivados potencialmente valiosos. (Huston, 2018)

### Propiedades físicas del sisal

Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Humedad (%)
1,45	65	12	9,9	10

Módulo de elasticidad (GPa)	Resistencia tracción (MPa)	Alargamiento a la rotura (%)
10,40	444 - 552	2,0 - 2,5

(Idicula, 2007)

### Características técnicas:

RESISTENCIA	
Tenacidad fibras secas	4 - 50 gr/denier
Resistencia cuerda mojada- cuerda seca	120%
Capacidad de absorción a la carga de choque	Muy baja
PESO	
Gravedad específica de la fibra	1,38
Flotabilidad	No
ELONGACIÓN	
Porcentaje a la rotura	10 – 12%
Arrastre (extensión bajo carga)	Muy baja
EFECTOS DE HUMEDAD	
Absorción de agua en fibras individuales	90%
Resistencia a la putrefacción, moho y deterioro por microorganismos	Muy baja
DEGRADACIÓN	
Resistencia a rayos UV	Muy buena

Resistencia al envejecimiento/almacenamiento	Buena
<b>RESISTENCIA A LA ABRASIÓN</b>	
Superficial	Suficiente
Interna	Buena
<b>TEMPERATURA FIBRA SECA</b>	
Límite máximo	149 °C
Límite mínimo	-73 °C

(Cordel, 2017)

## **2.6 Métodos de extracción mecánica**

### **2.6.1 Método de extracción por enriado**

En este proceso de extracción las hojas son sumergidas en agua, simulando un enriado en estanque. Este tipo de extracción fue dividido en dos procesos diferentes, en el primero de ellos las hojas fueron lavadas, pesadas e introducidas en un baño de agua sin un tratamiento previo y se le dio la denominación de enriado sin machacado previo (ESM). En el segundo proceso, las hojas una vez lavadas y pesadas, fueron golpeadas o machacadas para después ser introducidas en un baño de agua en forma similar al primer proceso, a este se lo denominó enriado con machacado previo (EMP).

### **2.6.2 Método de extracción por descortezado**

Para la extracción de las fibras por este método se utilizó una descortezadora de cabuya modificada. Con este proceso, la extracción de las fibras se realizó en poco tiempo, siendo posible procesar varias hojas en pocos minutos. La limpieza de las fibras obtenidas por este método, fueron sometidas a un proceso de lavado, con agua corriente, inmediatamente después de haber pasado por la descortezadora para finalmente ser puestas a secar al ambiente en forma similar a los procesos anteriores. Una vez que las fibras se encontraban secas, éstas fueron cardadas.

## **2.7 Métodos de extracción química**

La cosecha y el corte de las hojas previo a la extracción fueron realizados de la misma manera que en la extracción manual, para este y para todos los procesos químicos al que las hojas fueron sometidas.

### **2.7.1 Extracción con hidróxido de sodio**

Una vez que las hojas fueron cortadas se procede a realizar inmersiones en 2 baños distintos, la primera en un baño de impregnación y la segunda en un baño de deslignificación. Para estos baños se trabajó con relaciones (litros de solución/g de material seco).

### **2.7.2 Extracción con peróxido de hidrógeno**

Este baño consiste en soluciones de peróxido de hidrógeno en ácido acético; las concentraciones de peróxido y ácido son análogas e iguales a 25, 37.5 y 50 % en peso del total de la solución. (Bonilla, 2009)

## CAPITULO III. PROPUESTA DE INNOVACIÓN O SOLUCIONES DEL PROBLEMA

### 3.1 Propuesta de innovación técnica

El presente proyecto presenta un hilo ecológico, sustentable y orgánico que se biodegrada naturalmente con el tiempo.

Los procesos de este hilo son respetuosos con el medio ambiente, además que es un recurso renovable y su producción requiere de una menor cantidad de energía para fabricarse.

### 3.2 Instrumentos y técnicas de investigación

Damos el siguiente detalle de los distintos instrumentos y técnicas de investigación aplicadas en el proyecto.

#### 3.2.1 Equipos

Nro.	ITEM	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCION	PRECIO
1	Balanza analítica	1	gramos	Equipo para pesar los distintos materiales e insumos a utilizar.	Bs.- 2204
2	Microscopio	1	milímetros	Equipo para hacer evaluación microscópica a la fibra	Bs.- 898
3	Hiladora semi industrial	1	metros	Para hilar la fibra obtenida	Bs.- 1200

*Tabla 1 Equipos*

#### 3.2.2 Materiales

Nro.	ITEM	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCION	PRECIO
1	Cuchillo	1	mediano	Para cortar las hojas	Bs.- 30
2	Tabla de madera	1	grande	Para limpiar las hojas encima	Bs.- 20

3	Lija	2	mediana	Para lijar las hojas	Bs.- 5
4	Termómetro de mercurio	1	100 centígrados	Para controlar la temperatura de agua	Bs.- 90
5	Varillas de vidrio	2	20 centímetros	Para remover los líquidos	Bs.- 25
6	Jarra metálica	2	1 litro	Para poner líquidos	Bs.- 15
7	Cocinilla eléctrica	1	mediano	Para colocar a temperatura los procesos	Bs.- 35
8	Lapiceros	2	mediano	Escribir datos	Bs.- 5
9	Cuaderno	1	mediano	Anotar datos	Bs.- 10
10	Calculadora	1	pequeña	Calcular datos	Bs.- 140
11	Olla metálica	1	3 litros	Para los baños de los distintos procesos	Bs.- 85
12	Guardapolvo	1	centímetros	Lo usaremos durante todo el proceso	Bs.- 25
13	Guantes	1	mediano	Los usaremos durante la manipulación de productos químicos	Bs.- 5
14	Rueca (pushka)	1	mediano	Para hilar	Bs.- 10

*Tabla 2 Materiales*

### 3.2.3 Insumos, etc.

Nro.	ITEM	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCION	PRECIO
1	Agua	A utilizar	mililitros	Para los distintos procesos	-
2	Jabón	1	unidad	Para lavar las hojas	Bs.- 3
3	Hidróxido de sodio	1	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.- 60
4	Detergente	1	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.-28
5	Humectante	1	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.-38
6	Ácido fórmico	1	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.-20
7	Carbonato de sodio	1	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.- 70
8	Colorante directo azul	1	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.-110
9	Colorante reactivo azul	1	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.-125
10	Colorante reactivo amarillo	1	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.-115
11	Colorante reactivo rojo	1	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.-130

12	Sal textil	5	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.- 30
13	Peróxido de hidrogeno	1	kilogramo	Para los distintos procesos	Bs.- 65

*Tabla 3 Insumos*

### **3.2.4 Técnicas**

#### **3.2.4.1 Investigación experimental**

En el presente proyecto utilizaremos la investigación experimental, la cual se basa en un protocolo de control, la presencia de variables, la manipulación de dichas variables y la observación de resultados cuantificables, todo esto con el fin de encontrar el método correcto para hacer la extracción de la fibra como también del hilado y los distintos procesos de los laboratorios.

#### **3.2.4.2 Métodos de extracción física - Método de extracción manual**

Primeramente, se cortaron las hojas del tallo de la planta. Posteriormente, se procedió al lavado de las hojas y se las deja remojar y luego se procede a la remover la capa celulosa de la hoja A continuación, las fracciones fueron cepilladas con lija metálica, o una tablita de madera, esto de manera manual y con ello se produjo la separación de las fibras del resto de materiales. Se va rociando constantemente con agua en todo el proceso.

Al terminar con la totalidad de la hoja, las fibras fueron sometidas a un proceso de limpieza manual para tratar de retirar el material de soporte adherido a las fibras, un cardado manual con un cepillo de cerdas metálicas. Finalmente, las fibras son colgadas en sombra para su secado.

### **3.2.5 Presupuesto**

<b>PRESUPUESTO</b>	
Costo de equipos	Bs.- 4302
Costo de los materiales	Bs.- 500
Costo de los insumos	Bs.- 794
<b>Total</b>	<b>Bs.- 5596</b>

*Tabla 4 Presupuesto*

### 3.2.6 Procesos o Procedimientos

#### 3.2.6.1.1 Acopio, selección y extracción de las hojas de agave sisalana

Se logro obtener las hojas de agave sisalana de la localidad de Vinto, ubicado en la provincia de Quillacollo del departamento de Cochabamba, este se encuentra a 17 Km, de la carretera Cochabamba - La Paz, sobre el denominado eje de conurbación del Valle Bajo.



*Ilustración 1 Planta de agave sisalana*

Ahora procedemos hacer la sección de las hojas para saber con cuales podemos trabajar.

Por un lado, tenemos las hojas secas, que presentan características de las puntas quebradizas, deshidratadas, frágiles de un color marrón o café, esto se produce por la falta de agua la planta, puede que sus raíces no estén siendo capaces de absorber el agua porque el sustrato no es el adecuado.



*Ilustración 2 Hoja seca de agave sisalana*

Una vez las hojas ya cortadas de la raíz no hay mucho por hacer para sanar estas hojas ya que la planta puede que haya sido ahogada y esto ya provoca daños en sus raíces, con pudrición y zonas muertas.

Estas entre otras causas son muchos los motivos por los cuales se secan las hojas, haciendo que las mismas no sean aptas para pasar por los distintos procesos que se realizan para obtener la fibra.



*Ilustración 3 Hoja fresca de agave sisalana*

Por otra parte, tenemos las hojas que presentan características de buena pigmentación, están húmedas por dentro y no presentan partes dañadas.

Estas son las hojas que, si nos sirven para el proyecto, en las cuales realizaremos los distintos procesos para obtener el hilo.

Para la extracción se hizo de forma manual con los siguientes pasos:

1. Cortamos las hojas del tallo.

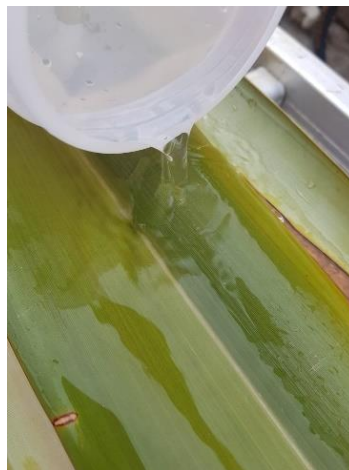
Para cortar las hojas del tallo tomamos un cuchillo y hacemos un corte diagonal a la hoja.



*Ilustración 4 Corte transversal de la hoja.*

2. Remojamos en agua las hojas hasta que las vayamos a utilizar.

Esto con el fin de poder hidratar de mejor manera a toda la hoja y así facilitar la extracción.



*Ilustración 5 Hojas remojadas*

3. Extendemos las hojas en una superficie plana. Es importante poder ubicarnos en un buen espacio de trabajo para realizar todo el proceso, estar en un lugar adecuado nos ayudara a obtener buenos resultados, además no es recomendable trabajar en superficies ásperas ya que esto ira desgarrando a la hoja y por consecuencia obtendremos fibras más cortas.



*Ilustración 6 Extendiendo la hoja*

4. Luego vamos rociando agua por toda la superficie de toda la hoja, es importante trabajar con la hoja húmeda.



*Ilustración 7 Rociando con agua la hoja*

5. Ahora vamos golpeando de manera suave por toda la hoja, para así poder separar de manera fácil la materia celulósica.



*Ilustración 8 Machacando la hoja*

6. Luego con la ayuda de una lija o un objeto rectangular vamos raspando hasta quitar la capa celulosa de la hoja, porque es necesario separarlo de la fibra. Este paso debemos hacerlo con sumo cuidado ya que aplicar mucha fuerza se irán rompiendo las fibras.



*Ilustración 9 Retirando la capa celulosa de la hoja*

7. Luego dejamos secar en ambiente húmedo, esto con la ayuda de un paño que vamos a humedecerlo con agua y luego envolverlo en la fibra, esto para que no pierda humedad y se seque la fibra.



*Ilustración 10 Fibra extraída*

### 3.2.6.2 Procesos de suavizado a la fibra.

#### 3.2.6.2.1 Laboratorio 1

TIPO: FIBRA SECA

Sustancias: Hidróxido de sodio NaOH (soda Caustica) y Breviol

#### LABORATORIO CON NAOH

P1= 1,378 gr

RB: 1/100

Humectante: 1 gr/lit

Detergente: 1 gr/lit

NaOH: 2 gr/lit

$CH^2O^2 = 0,15$  gr/lit

Baño total:

$$1,378 \text{ gr} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 137,8 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ ml}} = 0,1378 \text{ lt} = 0,14 \text{ lt}$$

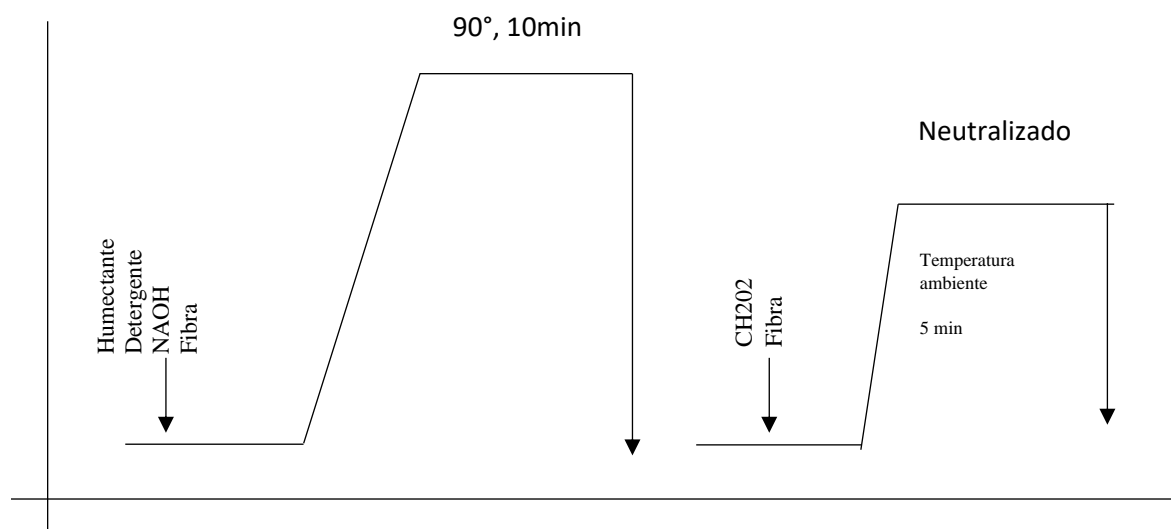
$$0,14 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,14 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 1,4 \text{ ml (humectante)}$$

$$0,14 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,14 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 1,4 \text{ ml (detergente)}$$

$$0,14 \text{ lt} \times \frac{2 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,28 \text{ gr NaOH (hidróxido de sodio)}$$

$$0,14 \text{ lt} \times \frac{0,15 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,021 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,21 \text{ ml } CH_2O_2 \text{ (acido formico)}$$

## CURVA DE SUAIVIZADO



## LABORATORIO CON BREVIOL

P2= 1,776 gr

RB: 1/100

Humectante: 1 gr/lit

Detergente: 1 gr/lit

NaOH: 2 gr/lit

CH202: 0,15 gr/lit

Baño total:

$$1,776 \text{ gr} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 177,6 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ lit}}{1000 \text{ ml}} = 0,1776 \text{ lit} = 0,18 \text{ lit}$$

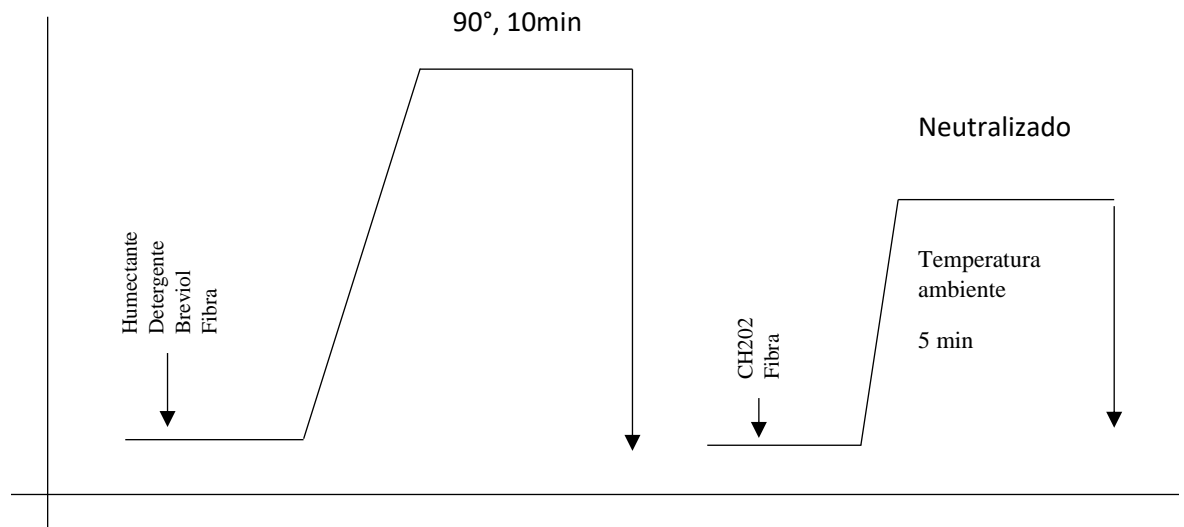
$$0,18 \text{ lit} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lit}} = 0,18 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 1,8 \text{ ml (humectante)}$$

$$0,18 \text{ lit} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lit}} = 0,18 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 1,8 \text{ ml (detergente)}$$

$$0,18 \text{ lt} \times \frac{2 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,36 \text{ gr Breviol}$$

$$0,18 \text{ lt} \times \frac{0,15 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,027 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,27 \text{ ml CH}_2\text{O}_2 \text{ (acido formico)}$$

### CURVA DE BAÑO



### 3.2.6.2.2 Laboratorio 2

TIPO: FIBRA FRESCA

Sustancias: Hidróxido de sodio (NaOH) y Carbonato de sodio (Breviol)

#### LABORATORIO CON NAOH

P1= 0,880 gr

RB: 1/100

Humectante: 1 gr/lt

Detergente: 1 gr/lt

NaOH: 2 gr/lt

CH<sup>2</sup>O<sup>2</sup> = 0,15 gr/lt

Baño total:

$$0,88 \text{ gr} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 88 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ ml}} = 0,088 \text{ lt}$$

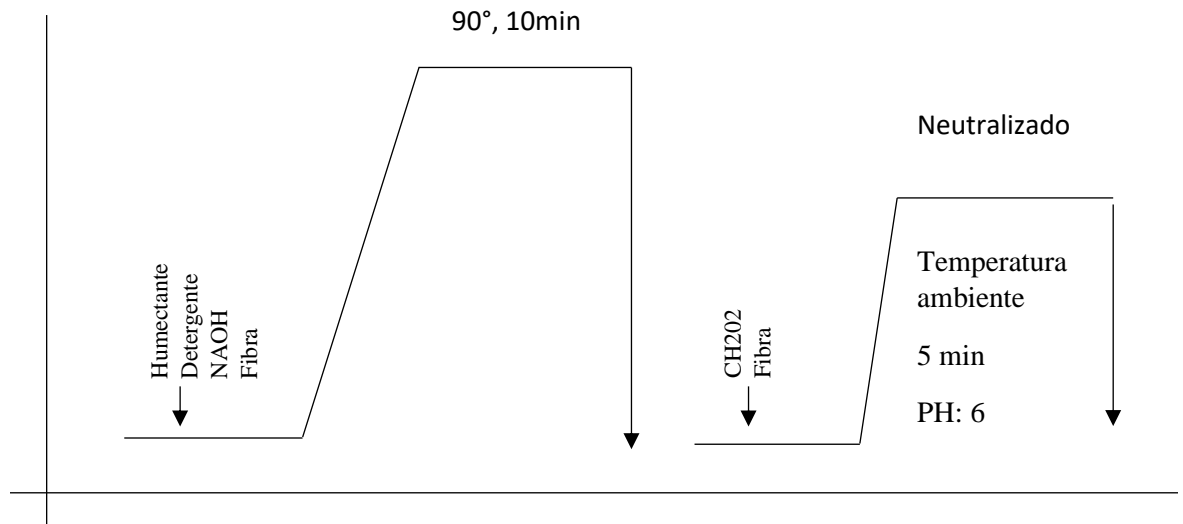
$$0,088 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,088 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,88 \text{ ml (humectante)}$$

$$0,088 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,088 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,88 \text{ ml (detergente)}$$

$$0,088 \text{ lt} \times \frac{2 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,176 \text{ gr NaOH (hidróxido de sodio)}$$

$$0,088 \text{ lt} \times \frac{0,15 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,0132 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,132 \text{ ml CH}_2\text{O}_2 \text{ (ácido fórmico)}$$

### CURVA DE SUAVIZADO



### LABORATORIO CON BREVIOL

P2= 0,993 gr

RB: 1/100

Humectante: 1 gr/Lt

Detergente: 1 gr/Lt

NaOH: 2 gr/lt

CH202: 0,15 gr/lt

Baño total:

$$0,99 \text{ gr} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 99 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ ml}} = 0,099 \text{ lt}$$

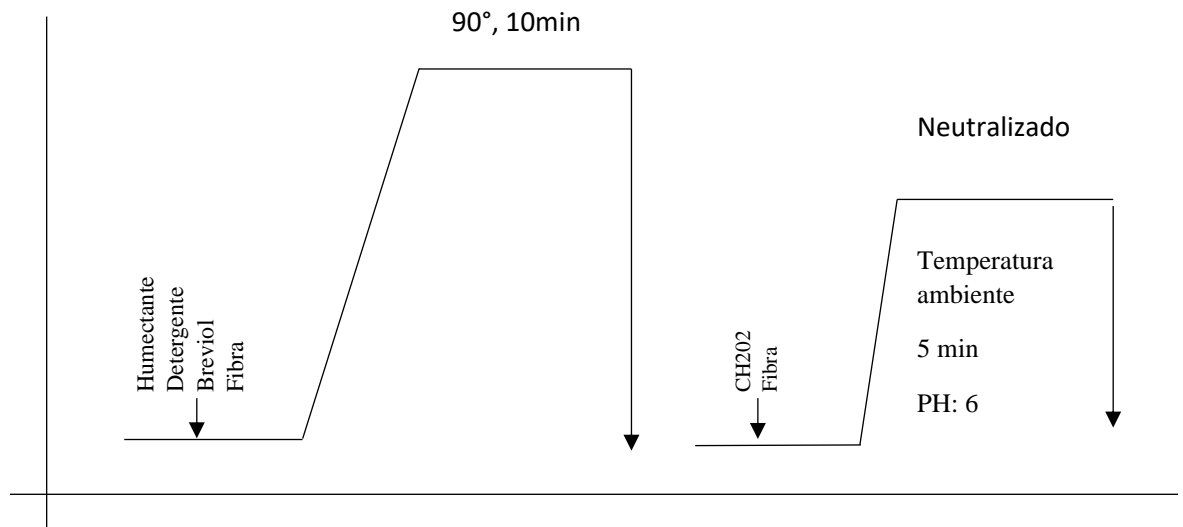
$$0,099 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,099 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,99 \text{ ml (humectante)}$$

$$0,099 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,099 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,99 \text{ ml (detergente)}$$

$$0,099 \text{ lt} \times \frac{2 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,198 \text{ gr Breviol}$$

$$0,099 \text{ lt} \times \frac{0,15 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,0148 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,148 \text{ ml CH}_2\text{O}_2 \text{ (acido formico)}$$

### CURVA DE SUAIVIZADO



### 3.2.6.2.3 Laboratorio 3

TIPO: FIBRA FRESCA

Sustancias: Peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

#### LABORATORIO CON H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

P1= 2,172 gr

RB: 1/100

Humectante: 1 gr/lit

Detergente: 1 gr/lit

Estabilizador: 0,25 gr/lit

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 3,5 gr/lit

CH<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 0,15 gr/lit

Baño total:

$$2,17 \text{ gr} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 217 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ ml}} = 0,217 \text{ lt}$$

$$0,217 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,217 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 2,17 = 2,2 \text{ ml (humectante)}$$

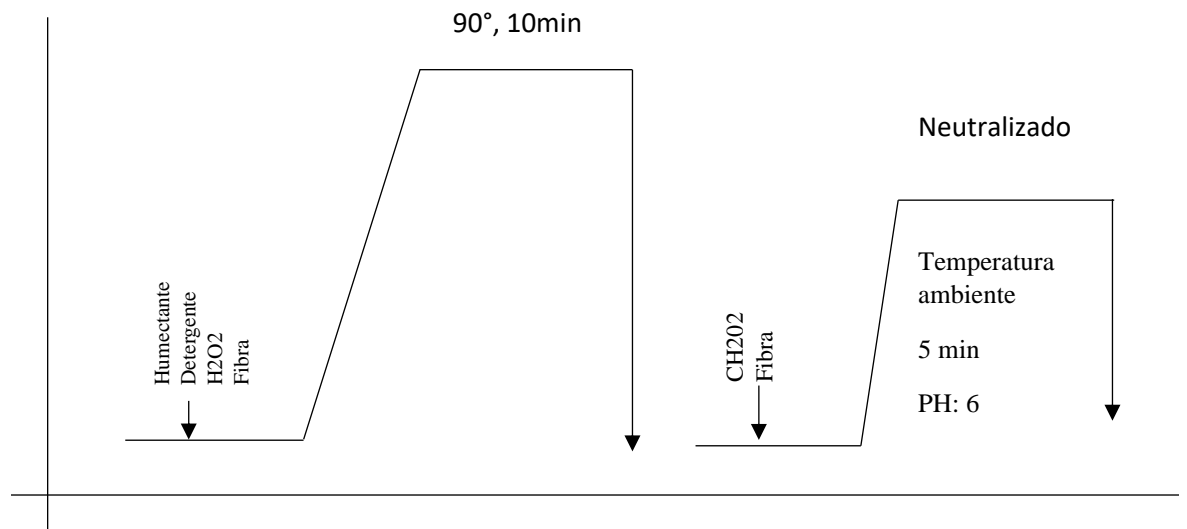
$$0,217 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,217 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 2,17 = 2,2 \text{ ml (detergente)}$$

$$0,217 \text{ lt} \times \frac{0,25 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,055 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,55 \text{ ml (estabilizador)}$$

$$0,217 \text{ lt} \times \frac{3,5 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,759 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 7,59 \text{ ml} = 7,6 \text{ ml H}_2\text{O}_2 \text{ (peroxido de hidrogeno)}$$

$$0,217 \text{ lt} \times \frac{0,15 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,033 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,33 \text{ ml CH}_2\text{O}_2 \text{ (acido formico)}$$

## CURVA DE SUAVIZADO



## LABORATORIO CON H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

TIPO: FIBRA SECA

P2= 1,584 gr

RB: 1/100

Humectante: 1 gr/lit

Detergente: 1 gr/lit

Estabilizador: 0,25 gr/lit

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 3,5 gr/lit

CH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 0,15 gr/lit

Baño total:

$$1,58 \text{ gr} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 158 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ ml}} = 0,158 \text{ lt}$$

$$0,158 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,158 = 0,16 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 1,6 \text{ ml (humectante)}$$

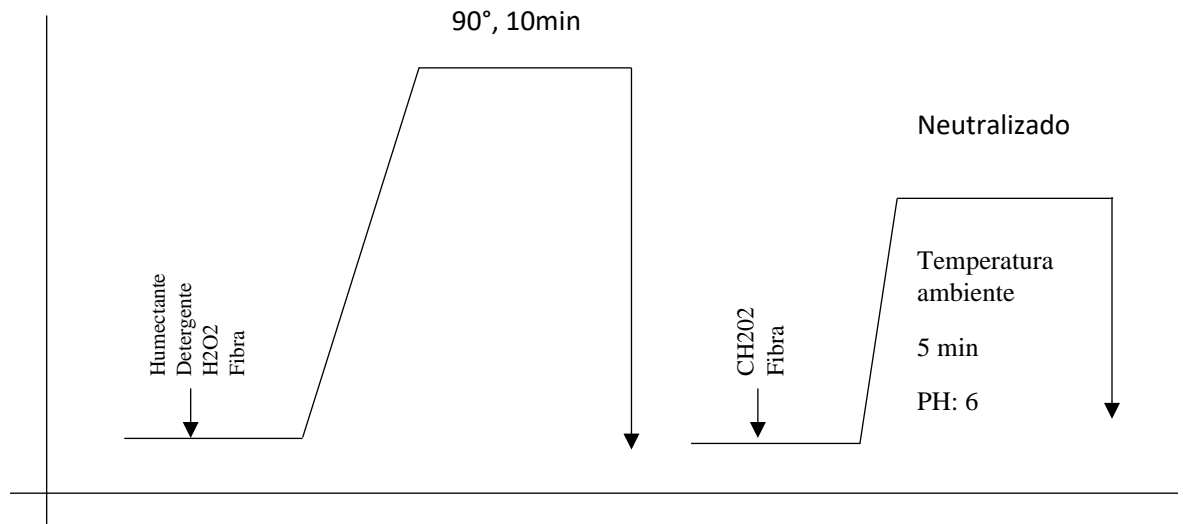
$$0,158 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,158 = 0,16 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 1,6 \text{ ml (detergente)}$$

$$0,158 \text{ lt} \times \frac{0,25 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,039 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,39 \text{ ml} = 0,4 \text{ ml (estabilizador)}$$

$$0,158 \text{ lt} \times \frac{3,5 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,55 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 5,5 \text{ ml H}_2\text{O}_2 \text{ (peroxido de hidrogeno)}$$

$$0,158 \text{ lt} \times \frac{0,15 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,024 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,24 \text{ ml CH}_2\text{O}_2 \text{ (acido formico)}$$

### CURVA DE SUAIVIZADO



### 3.2.6.2.3.1 Selección del proceso a utilizar

Para seleccionar el proceso que obtuvo mejores resultados se tomaron en cuenta los resultados de facilidad de extracción, liberación y color de fibra obtenidos para cada uno de los ensayos realizados, y sobre la base de estos vamos a seleccionar, a continuación, presentaremos la siguiente tabla:

Proceso	Concentración	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Relación peso de fibra/ volumen de baño
Carbonato de Sodio (Breviol)	80%	85	10 min	1/100
Peróxido de Hidrogeno (H2O2)	85%	90	15min	1/100
Hidróxido de sodio (NAOH)	99%	90	10min	1/50

*Tabla 5 Datos de los laboratorios*

Criterios de evaluación:

*Tabla 6 Criterios de factibilidad de extracción*

VALOR ASIGNADO A LA VARIABLE	CRITERIO DE ASIGNACION
1	Existe gran dificultad al momento de extraer las fibras.
2	Existe moderada dificultad para extraer la fibra.
3	Existe poca dificultad al momento de extraer la fibra.
4	Presenta casi una dificultad nula para extraer la fibra.

*Tabla 7 Criterios de liberación de fibras*

VALOR ASIGNADO A LA VARIABLE	CRITERIO DE ASIGNACION
1	Fibras completamente cubiertas de material celulósico.
2	Fibras con mucho material celulósico.
3	Fibras con poco material celulósico
4	Fibras sin rastro de material celulósico.

Tabla 8 Criterios de color de la fibra

VALOR ASIGNADO A LA VARIABLE	CRITERIO DE ASIGNACION
1	Fibras de color verdusco intenso.
2	Fibras de color verde.
3	Fibras de color amarillento.
4	Fibras de color blanco brillante.

Calificación a cada producto dentro de los parámetros:

	Factibilidad de extraccion	Liberacion de fibras	Color de la fibra
Breviol	1,5	1	2,5
Peroxido de hidrogeno	2	1,5	1,8
Hidroxido de sodio	3	2,4	2,1

Ilustración 11 Calificación de cada producto según criterios de evaluación

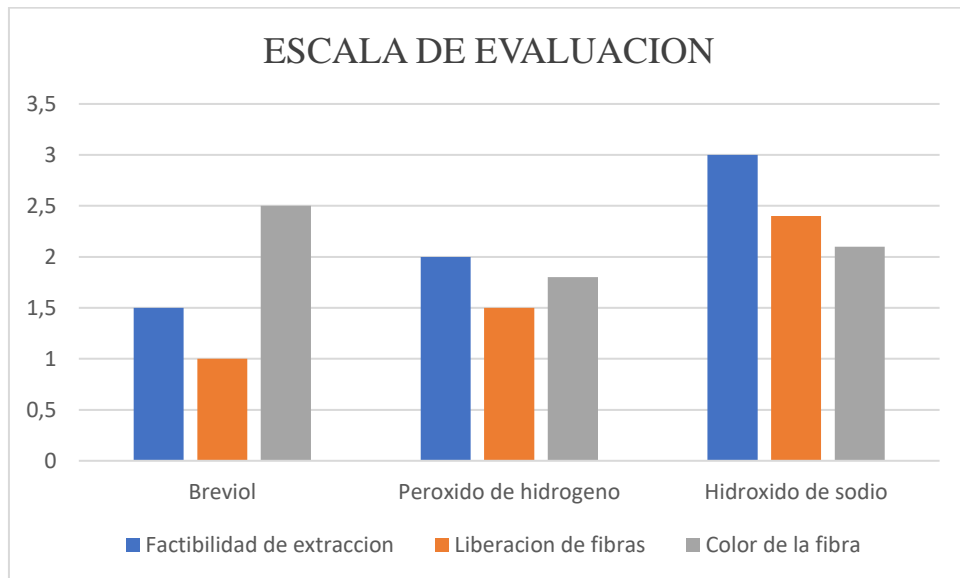


Ilustración 12 Escala cuantitativa de evaluación

Las fibras tratadas con breviol presentan dificultad en la extracción y liberación de fibras, pero presenta un buen color, las fibras tratadas con peróxido de hidrogeno presenta mediana dificultad en la extracción y liberación de fibras y un color opaco, finalmente las fibras tratadas con hidróxido de sodio presentan buena factibilidad de extracción y liberación de fibras y con color aceptable.

Optamos trabajar con hidróxido de sodio (NAOH) ya que este presenta mejores resultados a comparación de sustancias anteriores.

### **3.2.6.2.3.2 Laboratorio de teñido**

#### TEÑIDO CON COLORANTE DIRECTO

COLOR: AZUL

Datos:

Peso: 10,045 gr

Humectante: 1 gr/lt

Sal: 10 gr/lt

Carbonato de sodio (Breviol): 2 gr/lt

Acido fórmico: 0,15 gr/lt

Detergente: 1 gr/lt

Color 2%

RB: 1/50

Baño total:

$$10,045 \text{ gr} \times \frac{50 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 502,25 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ ml}} = 0,5 \text{ lt}$$

$$0,5 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,5 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 5 \text{ ml (humectante)}$$

$$0,5 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,5 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 5 \text{ ml (detergente)}$$

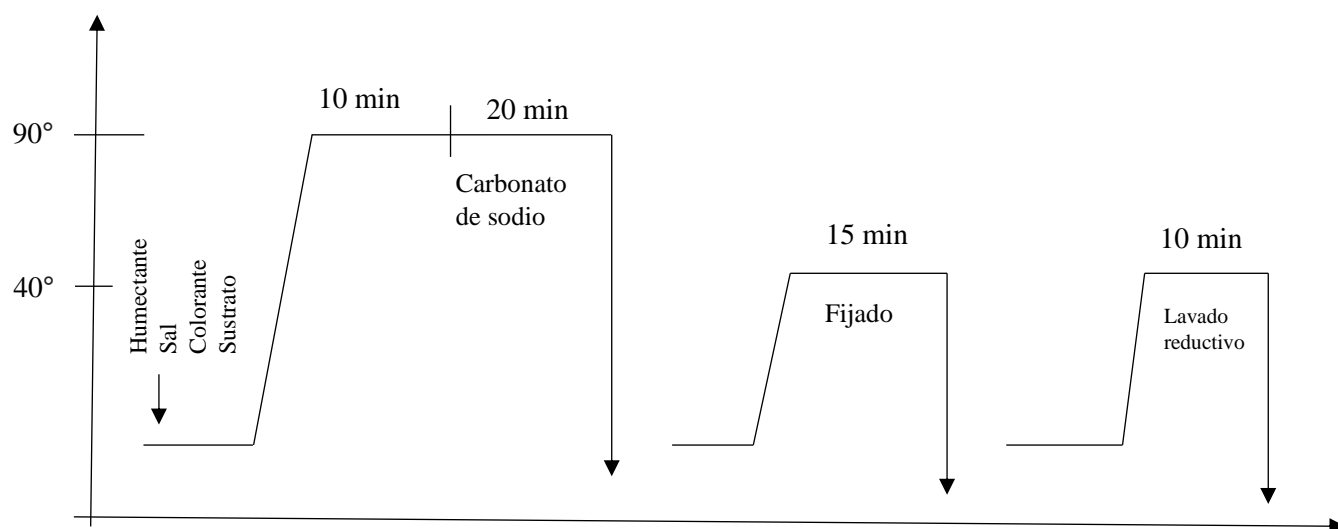
$$0,5 \text{ lt} \times \frac{10 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 5 \text{ gr (sal)}$$

$$0,5 \text{ lt} \times \frac{2 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 1 \text{ gr (Breviol)}$$

$$10,045 \text{ gr} \times \frac{2 \%}{100 \%} = 0,2 \text{ gr} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 20 \text{ ml (Colorante)}$$

$$0,5 \text{ lt} \times \frac{0,15 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,075 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,75 \text{ ml CH}_2\text{O}_2 \text{ (acido formico)}$$

### Curva de teñido



### TEÑIDO CON COLORANTE REACTIVO

COLOR: VERDE AMARILLENTO

Datos

Peso: 2,8 gr

Humectante: 1 gr/lt

Sal: 20 gr/lt

Hidróxido de sodio: 4 gr/lt

Acido fórmico: 0,15 gr/lt

Detergente: 1gr/lt

Color 2%

RB: 1/50

Baño total:

$$2,8 \text{ gr} \times \frac{50 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 140 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ ml}} = 0,14 \text{ lt}$$

$$0,14 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,14 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 1,4 \text{ ml (humectante)}$$

$$0,14 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,14 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 1,4 \text{ ml (detergente)}$$

$$0,14 \text{ lt} \times \frac{20 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 2,8 \text{ gr (sal)}$$

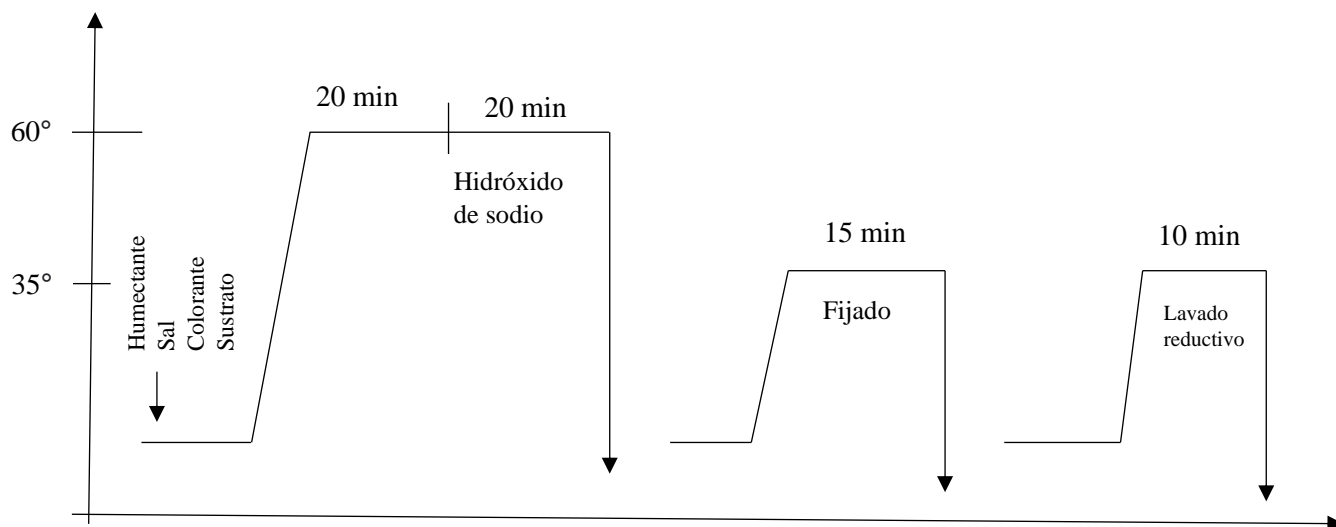
$$0,14 \text{ lt} \times \frac{4 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,56 \text{ gr (NaOH)}$$

$$2,8 \text{ gr} \times \frac{1,5 \%}{100 \%} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 4,2 \text{ ml (Colorante Amarillo)}$$

$$2,8 \text{ gr} \times \frac{0,5 \%}{100 \%} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 1,4 \text{ ml (Colorante Azul)}$$

$$0,14 \text{ lt} \times \frac{0,15 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 0,21 \text{ ml CH}_2\text{O}_2 \text{ (acido formico)}$$

### Curva de teñido



### TEÑIDO CON COLORANTE REACTIVO

COLOR: ROJO ANARANJADO

Datos

Peso: 13,782 gr

Humectante: 1 gr/lit

Sal: 20 gr/lit

Hidróxido de sodio: 4 gr/lit

Acido fórmico: 0,15 gr/lit

Detergente: 1 gr/lit

Color 2%

RB: 1/50

Baño total:

$$13,782 \text{ gr} \times \frac{50 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 693,5 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ lit}}{1000 \text{ ml}} = 0,69 \text{ lit}$$

$$0,69 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,69 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 6,9 \text{ ml (humectante)}$$

$$0,69 \text{ lt} \times \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 0,69 \text{ gr} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 6,9 \text{ ml (detergente)}$$

$$0,69 \text{ lt} \times \frac{20 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 13,8 \text{ gr (sal)}$$

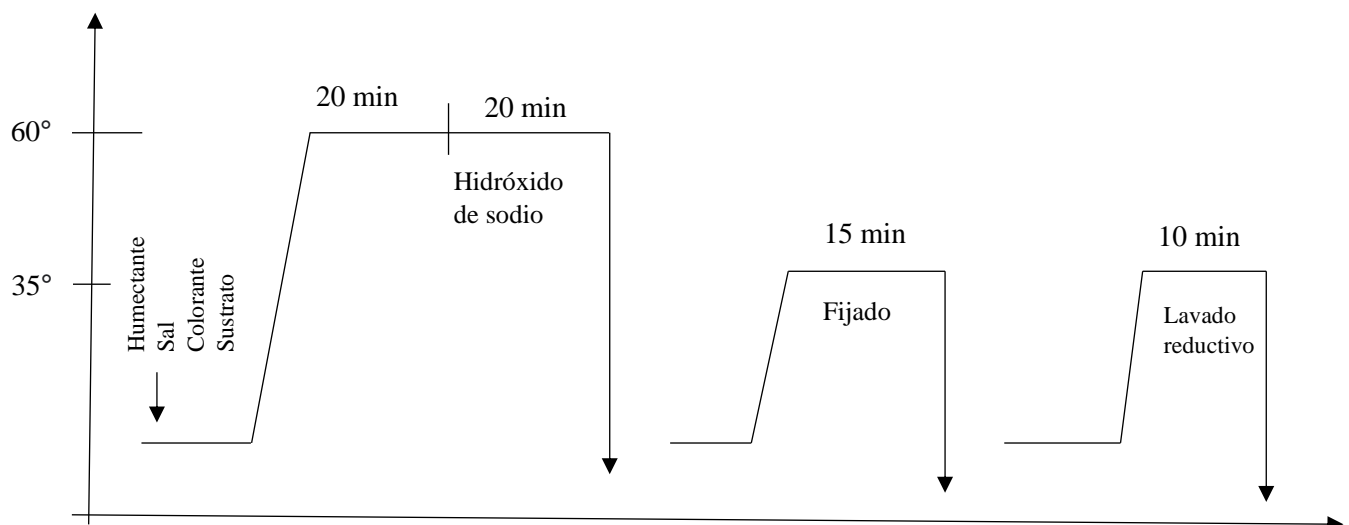
$$0,69 \text{ lt} \times \frac{4 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} = 2,76 \text{ gr (NaOH)}$$

$$13,78 \text{ gr} \times \frac{1,5 \%}{100 \%} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 20,67 \text{ ml (Colorante Rojo)}$$

$$13,78 \text{ gr} \times \frac{0,5 \%}{100 \%} \times \frac{100 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 6,89 \text{ ml (Colorante Amarillo)}$$

$$13,78 \text{ lt} \times \frac{0,15 \text{ gr}}{1 \text{ lt}} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} = 20,67 \text{ ml } \text{CH}_2\text{O}_2 \text{ (acido formico)}$$

### Curva de teñido





*Ilustración 13 Fibra teñida*

### **3.2.6.3 Proceso de hilado**

#### **3.2.6.3.1 Hilado manual**

Para el proceso de hilado se procede primeramente de manera manual con la herramienta conocida como rueca o pushka.

Para utilizar la rueca se comienza por tomar acomodar la fibra obtenida, se acomoda y luego se retuerce una porción entre los dedos hasta darle forma de hebra. Esta hebra inicial se amarra al huso y se realiza el procedimiento de torsión. Mientras tanto, con la otra mano se hace girar el huso con un extremo apoyado en una superficie, de modo que la hebra vaya enrollándose a él, Una vez que el huso se ha llenado, la fibra hilada se desenrolla manualmente o con una devanadera, para guardarla como ovillo o como una madeja.

Primeramente, en este hilado trabajamos con fibra cruda sin procesar, fibra cruda.



*Ilustración 14 La torción del hilo es “Z”*

### 3.2.6.3.1.1 Cálculo de numero de título

Peso ovillo: 7,104 gr

Longitud muestra: 300 cm = 3 m

Peso de la muestra: 0,424 gr

K(Ne): 0,59 gr/m

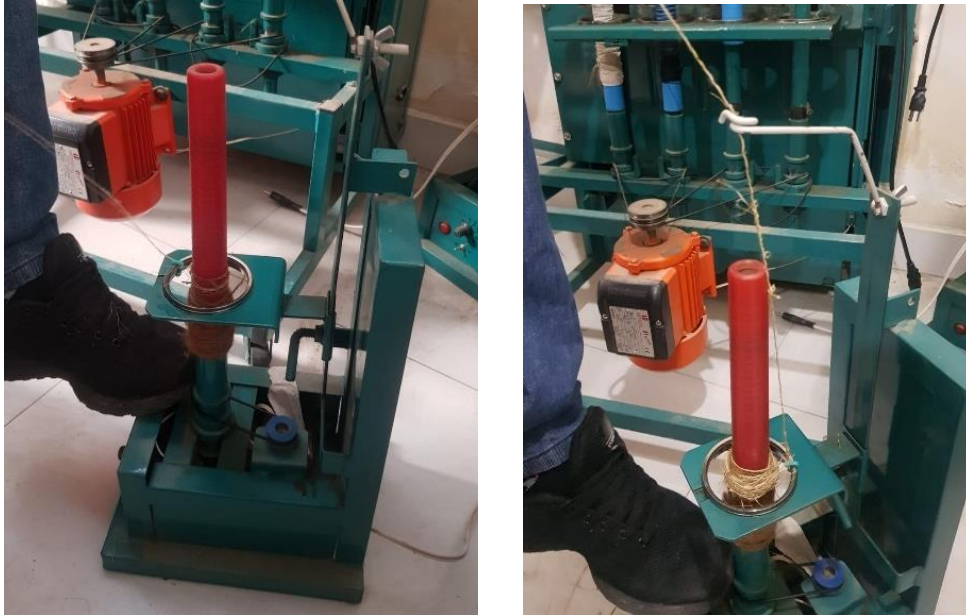
$$N = \frac{KL}{P} = \frac{0,59 \frac{gr}{m} \times 3 m}{0,424 gr} = 4,17$$

Longitud total del ovillo

$$L = \frac{NP}{K} = \frac{4,17 \times 7,104 gr}{0,59 \frac{gr}{m}} = 50,21 m$$

### 3.2.6.3.2 Hilado con maquina hiladora semi industrial

Se utilizó la maquina hiladora semi industrial, donde primero se trabajó con la fibra seca, esto presento dificultades al momento de hacer el hilado, entonces se remojo la fibra en agua para así trabajarla húmeda, esto nos ayudó bastante ya que se procedió hacer el hilado de manera más factible.



*Ilustración 15 Hilando con la maquina semi industrial*



*Ilustración 16 Hilado semi industrial en torsión "Z"*

### 3.2.6.3.2.1 Cálculo de numero de titulo

Peso ovillo: 6,928 gr

Longitud muestra: 100 cm = 1 m

Peso de la muestra: 0,361 gr

K(Ne): 0,59 gr/m

$$N = \frac{KL}{P} = \frac{0,59 \frac{gr}{m} \times 1 m}{0,361 gr} = 1.63$$

Longitud total del ovillo

$$L = \frac{NP}{K} = \frac{1,63 \times 6,928 gr}{0,59 \frac{gr}{m}} = 19.14 m$$

### 3.2.6.4 Evaluación del hilo obtenido

#### 3.2.6.4.1 Longitud

La longitud es una característica muy importante en la manufactura de los hilos ya que se puede elaborar hilos gruesos o finos en función a la longitud.

Las fibras que logramos extraer son fibras discontinuas. Estas tienen una longitud limitada, que oscilan entre 40 a 120 centímetros de longitud.



*Ilustración 17 Longitud de la fibra*

El tamaño de las fibras que logramos sacar depende mucho del proceso de extracción que usemos. La extracción manual es muy extensa, requiere de mucho cuidado ya que un proceso rápido y descuidado llega a romper las fibras obtenidas, haciendo que exista una gran variación en la longitud de las mismas.

Respecto al hilado de logro extraer de una hoja, un total de 50,21 metros de longitud de hilo y en otro se logró obtener una longitud de 19,14 metros de una hoja, esto depende mucho del proceso de extracción como también de la manera que se hace el hilado.

### 3.2.6.4.2 Higroscopicidad

En este parámetro se va a determinar el porcentaje de absorción de la humedad como también el regain es decir la recuperación de humedad.



*Ilustración 18* Peso de hilo seco



*Ilustración 19* Peso de hilo húmedo

Porcentaje de humedad:

Peso seco (ps): 8gr.

Peso húmedo (ph): 13gr.

$$\%H = \frac{(ph - ps)}{ph} \times 100 = \frac{(13 - 8)}{13} \times 100 = 38,46\%$$

Porcentaje de Regain:

Peso húmedo (ph): 13gr.

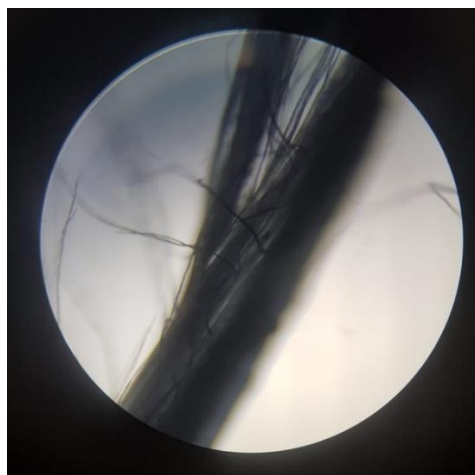
Peso seco (ps): 8 gr.

$$\%R = \frac{(ph - ps)}{ps} \times 100 = \frac{(13 - 8)}{8} \times 100 = 62,5\%$$

### **3.2.6.4.3 Evaluación física del teñido – Observación microscópica**

Una vez ya realizado el proceso de teñido y el baño de lavado reductivo, se realizó la siguiente evaluación microscópica:

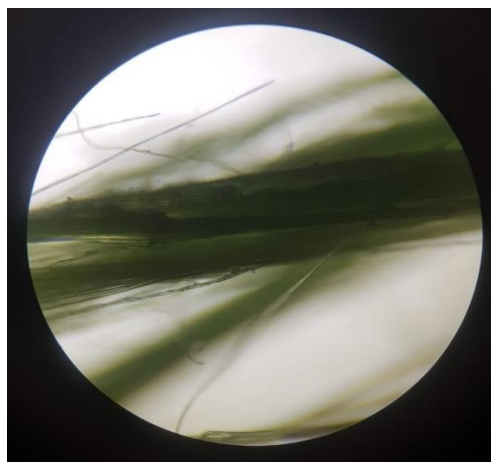
#### **3.2.6.4.3.1 Color Azul, colorante directo:**



*Ilustración 20 Observación microscópica teñido azul*

Hemos podido observar que el colorante si se ha adherido a la fibra, sin embargo, hay partes que no fueron teñidas, esto se debe a que la fibra presentaba residuos de celulosa que no fueron retirados en su totalidad. Aun así, el resultado del teñido es aceptable.

#### **3.2.6.4.3.2 Color Verde brillante, colorante reactivo:**



*Ilustración 21 Observación microscópica teñido verde*

Hemos podido observar de igual manera que el colorante reactivo si se ha adherido a la fibra, de mejor manera que la fibra teñida con colorante directo, la fibra presenta muy pocas partes no teñidas por la materia celulosa no retirada. El resultado de este proceso es muy bueno.

#### **3.2.6.4.3.3 Color Rojo anaranjado, colorante reactivo:**



*Ilustración 22 observación microscópica teñido rojo*

En este teñido el colorante reactivo también logro adherirse a la fibra, evidentemente la fibra también presenta algunas partes no teñidas por la cantidad de materia celulosa que no fue retirada. El resultado de este proceso es bueno.

## CAPITULO IV. RESULTADOS ESPERADOS

OBJETIVO GENERAL	RESULTADOS ESPERADOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtener hilo ecológico a base de la hoja de agave sisalana en el departamento de Cochabamba.</li> </ul>	<p>Lograr obtener de manera óptima y sin llevar a cabo procesos contaminantes o nocivos con el medio ambiente en lo que respecta la extracción del hilo ecológico.</p>
OBJETIVOS ESPECIFICOS	RESULTADOS ESPERADOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acopiar, seleccionar y extraer las hojas de agave sisalana.</li> </ul>	<p>Reunir las hojas necesarias para llevar a cabo el proyecto y extraer la fibra optando por el mejor proceso de manera manual o química.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar procesos de suavizado a la fibra.</li> </ul>	<p>Seleccionar los mejores productos auxiliares como también los insumos, siempre y cuando buscando el que nos brinde mejores resultados.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar el proceso de hilado.</li> </ul>	<p>Distinguiendo el modo que sea de gran agrado y facilidad para la fibra.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar el hilo obtenido.</li> </ul>	<p>Obtener de la manera de la mejor forma posible los resultados y conclusiones de todo el proceso realizado.</p>

## CAPITULO V. CONCLUSIONES

1. El método de extracción manual de la fibra es muy extenso e involucra bastante mano de obra, produce poca liberación de fibras y requiere de procesos adicionales para limpiar las mismas fibras, además que el color obtenido es un tanto opaco.
2. El proceso de suavizado y tratado a la fibra, respecto al carbonato de sodio, breviol, a pesar de presentar un buen color, no dio resultados muy favorables, no existió mejoría en la limpieza y liberación de fibras consecuentemente se obtuvo poca cantidad de fibra.
3. El proceso de suavizado con peróxido de hidrogeno obtuvo resultados aceptables, un color aceptable, pero se pudo notar que ocasiona perdida de resistencia a la fibra.
4. El proceso de suavizado tratado con hidróxido de sodio, presentó muy buenos resultados en cuanto a factibilidad de extracción y cantidad de fibras liberadas como también un color aceptable.
5. Se logro comprobar que la fibra puede ser teñida con colorantes directos o reactivos. Pero se presenta de mejor manera con colorantes reactivos ya que se adhieren a la fibra.
6. La fibra puede ser hilada de manera manual o semi industrial.
7. El hilo obtenido se puede aplicar en distintos ámbitos como la decoración, manualidades, artesanías, indumentaria, entre otros.

## **6 RECOMENDACIONES**

Recomiendo mantener las hojas húmedas una vez cortadas de la planta y mantenerlas en la sombra. Es optimo trabajar con hojas frescas para realizar una fácil y rápida extracción de la fibra.

Como productos auxiliares para el proceso de suavizado recomiendo utilizar productos alcalinos.

Una vez extraída la fibra recomiendo mantenerla con cierto porcentaje de humedad, evitando que se seque.

Recomiendo hacer los cálculos de la manera mas precisa posible como también pesar de manera correcta los productos auxiliares, controlar la temperatura y tiempo de cada proceso de laboratorio.

Para el hilado recomiendo primeramente cepillar las fibras para direccionarlas; como también el cepillado ayuda a eliminar los residuos orgánicos. Luego trabajar con fibra húmeda y recomiendo utilizar la torsión “Z”.

## 7 FUENTES DE INFORMACION BIBLIOGRAFICAS

Bonilla, O. (12 de Noviembre de 2009). *Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5549/1/Omar-Bonilla.pdf>

Cecodes. (19 de diciembre de 2018). *Comunicacion sostenible*. Obtenido de <https://www.comunicacionsostenible.co/site/la-industria-textil-asume-el-reto-de-la-sostenibilidad/>

Chabbet, B. J. (2010). *La química verde*. Zaragoza, España: Acribia S.A.

Cordel. (20 de Febrero de 2017). *PERCAM*. Obtenido de <https://www.percamsa.com/productos/industria-y-comercio/sisal/>

Freud. (10 de Junio de 2018). *Lexico Oxford*. Obtenido de Lexico Oxford: <https://www.lexico.com/es/definicion/hilo>

Gijón, J. B. (2009). *La fibra sostenible*. Tejiendo Plantas.

Gomez. (9 de Junio de 2018). *Responsabilidad social*. Obtenido de <https://www.responsabilidadsocial.net/medio-ambiente-que-es-definicion-caracteristicas-cuidado-y-carteles/>

Gonzales, J. (2013). La sostenibilidad ecologica. En J. Gonzales, *Realidad y reflexion* (pág. 66). Lima: Publicaciones Adventure Works.

Huston, F. (15 de Abril de 2018). *FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/sisal/es/>

Iberdrola S. (20 de agosto de 2019). *Iberdrola*. Obtenido de Sostenibilidad ecologica: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/evolucion-poblacion-mundial>

Idicula, M. B. (18 de Abril de 2007). Obtenido de [http://www.upv.es/VALORES/Publicaciones/CNM08\\_Fibras\\_naturales.pdf](http://www.upv.es/VALORES/Publicaciones/CNM08_Fibras_naturales.pdf)

- Lopez, G. (19 de Septiembre de 2019). *Instituto Nacional Textil A.C.* Obtenido de Instituto Nacional Textil A.C.: <https://www.institutotextilnacional.com/2019/09/19/el-hilo/>
- Marcia, M. (2006). *Las plantas de fibra*. La Paz, Bolivia: Botánica Económica de los Andes Centrales.
- Martinez, M. (12 de septiembre de 2017). <https://spiegato.com/es/que-es-el-sisal>. Obtenido de <https://spiegato.com/es/que-es-el-sisal>
- Meyer., D. B. (21 de Junio de 2018). *Noemagico*. Obtenido de <https://noemagico.blogia.com/2006/092201-la-investigaci-n-experimental.php>
- Morant, A. (29 de junio de 2016). Obtenido de <https://www.alfonsomorant.com/la-ecologia-textil-y-uso-de-fibras-naturales/>
- Naturalista. (30 de octubre de 2019). Obtenido de <https://www.naturalista.mx/taxa/158103-Agave-sisalana>
- Quiminet. (6 de diciembre de 2011). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/el-sisal-y-sus-principales-aplicaciones-2648844.htm>
- Quiminet. (21 de agosto de 2019). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/el-sisal-y-sus-principales-aplicaciones-2648844.htm>
- Rivero, M. (20 de junio de 2019). *Moda Argentina*. Obtenido de Moda Argentina: <http://www.ciaindumentaria.com.ar/plataforma/ecologia-textil/>
- Sarganaga, R. (15 de Junio de 2019). Bolivia nueva era economica. *Los Tiempos*, pág. 1.

8 ANEXOS



*Ilustración pesando la fibra*



*Ilustración Fibra en tratamiento*



*Ilustración Fibra en neutralizado*



*Ilustración Fibra sisal*



*Ilustración Observación microscópica de la fibra*



*Ilustración de Muestras*



*Ilustración de Teñidos*



*Ilustración de Hilados*



*Ilustración Aplicación del hilo cartera*



*Ilustración Aplicación en accesorios*



*Ilustración Aplicación esponjas exfoliantes*