



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**ELABORACIÓN DE UN SUSTITUTO DE CUERO A PARTIR DE  
LA FIBRA DE LA CÁSCARA DE COCO (*Cocos nucifera*)**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR:**

**NELSON ARIEL ANGULO ORRALA**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**ELABORACIÓN DE UN SUSTITUTO DE CUERO A PARTIR DE  
LA FIBRA DE LA CÁSCARA DE COCO (*Cocos nucifera*)**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: NELSON ARIEL ANGULO ORRALA**

**DIRECTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS**

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Nelson Ariel Angulo Orrala

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Nelson Ariel Angulo Orrala, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 28 de mayo de 2024



**Nelson Ariel Angulo Orrala**

**085047573-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **ELABORACIÓN DE UN SUSTITUTO DE CUERO A PARTIR DE LA FIBRA DE LA CÁSCARA DE COCO** (*Cocos nucifera*), realizado por el señor: **NELSON ARIEL ANGULO ORRALA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Cesar Arturo Puente Guijarro  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**




2024-05-28

Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-05-28

Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos  
**ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-05-28

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, en particular a mis padres, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental durante toda mi carrera estudiantil y profesional. Su amor y confianza han sido mi mayor motivación. A mis queridas hermanas, cuyas ocurrencias y consejos han sido un soporte invaluable en mi vida. A mis amigos con los cuales hemos compartido momentos inolvidables y han hecho de esta etapa lejos de mi familia un poco más sencilla.

Ariel

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme permitido cumplir otro objetivo importante en mi vida. También agradezco a mis padres Félix Angulo y Deysi Orrala por confiar en mí para estudiar lejos de casa, por su respaldo incondicional y apoyo brindado a lo largo de mi carrera. Asimismo, agradezco a mis tutores por su paciencia ante mis interrogantes y por la dedicación que han puesto en este proyecto.

Ariel

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	2
1.2.1. <i>Limitaciones</i> .....	2
1.2.2. <i>Delimitaciones</i> .....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.4.1. <i>Hipótesis General</i> .....	4
1.4.2. <i>Hipótesis Específicos</i> .....	4
1.5. Objetivos de la investigación.....	4
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	4
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Marco conceptual.....	5
2.1.1. <i>Antecedentes de investigación</i> .....	5
2.2. Marco Teórico.....	7
2.2.1. <i>Cuero</i> .....	7
2.2.2. <i>Tipos de cuero</i> .....	8
2.2.2.1. <i>Bovino o Vacuno</i> .....	8
2.2.2.2. <i>Cabras</i> .....	8
2.2.2.3. <i>Ovinos</i> .....	9
2.2.2.4. <i>Becerro</i> .....	9



2.2.2.5.	<i>Cerdos</i> .....	10
2.2.3.	<b><i>Acabados del cuero</i></b> .....	11
2.2.3.1.	<i>Acabado anilina</i> .....	11
2.2.3.2.	<i>Acabado semianilina</i> .....	11
2.2.3.3.	<i>Acabado pigmentado</i> .....	12
2.2.4.	<b><i>Productos derivados del cuero</i></b> .....	12
2.2.5.	<b><i>Industria de Curtiembre</i></b> .....	13
2.2.6.	<b><i>Curtiembre en el Ecuador</i></b> .....	13
2.2.7.	<b><i>Problemas de contaminación causados por la Industria de la Curtiembre</i></b> .....	14
2.2.8.	<b><i>Productos que se usan para fabricar sustitutos de cuero</i></b> .....	14
2.2.9.	<b><i>Coco (Cocos nucifera)</i></b> .....	15
2.2.9.1.	<i>Taxonomía</i> .....	16
2.2.9.2.	<i>Fisiología del coco (Cocos nucifera)</i> .....	16
2.2.9.3.	<i>Propiedades Organolépticas</i> .....	17
2.2.9.4.	<i>Propiedades Fisicoquímicas</i> .....	18
2.2.10.	<b><i>Producción del coco en Ecuador</i></b> .....	18
2.2.11.	<b><i>Fibras Vegetales</i></b> .....	18
2.2.12.	<b><i>Clasificación de las fibras Vegetales</i></b> .....	19
2.2.12.1.	<i>Fibra de Lino</i> .....	19
2.2.12.2.	<i>Fibra de Algodón</i> .....	19
2.2.12.3.	<i>Fibra de Kenaf</i> .....	19
2.2.12.4.	<i>Fibra de Fique</i> .....	20
2.2.13.	<b><i>Fibra del coco (Cocos nucifera)</i></b> .....	20
2.2.14.	<b><i>Tipos de fibra de coco (Cocos nucifera)</i></b> .....	20
2.2.15.	<b><i>Características de la fibra de coco (Cocos nucifera)</i></b> .....	20
2.2.16.	<b><i>Composición química de la fibra de coco</i></b> .....	21
2.2.17.	<b><i>Propiedades físicas y mecánicas de la fibra de coco</i></b> .....	21
2.2.18.	<b><i>Extracción de fibras</i></b> .....	21
2.2.19.	<b><i>Métodos de extracción mecánica</i></b> .....	22
2.2.19.1.	<i>Método de extracción manual</i> .....	22
2.2.19.2.	<i>Extracción por enriado</i> .....	22
2.2.19.3.	<i>Método de extracción por descortezado</i> .....	22
2.2.20.	<b><i>Resinas</i></b> .....	23
2.2.20.1.	<i>Resina RD-B 176</i> .....	23
2.2.20.2.	<i>Resina RD-U 3040</i> .....	23
2.2.20.3.	<i>Resina RD-A 1034</i> .....	24
2.2.21.	<b><i>Norma NTE INEN-ISO 6938 (2012)</i></b> .....	24

2.2.22. NORMA IUP .....	25
-------------------------	----

### CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO .....	27
3.1. Enfoque de investigación.....	27
3.1.1. <i>Enfoque Cuantitativo</i> .....	27
3.1.2. <i>Enfoque Cualitativo</i> .....	27
3.2. Nivel de Investigación.....	28
3.3. Diseño de investigación .....	28
3.3.1. <i>Identificación de variables</i> .....	29
3.3.1.1. <i>Variable Dependiente</i> .....	29
3.3.1.2. <i>Variable Independiente</i> .....	29
3.4. Tipo de estudio .....	30
3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra .....	30
3.5.1. <i>Población de estudio</i> .....	30
3.5.2. <i>Tamaño de la muestra</i> .....	30
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación.....	31
3.6.1. <i>Técnica</i> .....	31
3.6.1.1. <i>Proceso de obtención de la fibra</i> .....	31
3.6.1.2. <i>Cálculos de extracción en solución de hidróxido</i> .....	31
3.6.1.3. <i>Diagrama de Bloques del Proceso</i> .....	34
3.6.1.4. <i>Caracterización fisicoquímica de la fibra de la cáscara de coco</i> .....	36
3.6.1.5. <i>Caracterización de propiedades mecánica de la fibra de cáscara de coco</i> .....	37
3.6.1.6. <i>Proceso de obtención del sustituto del cuero</i> .....	37
3.6.1.7. <i>Caracterización fisicoquímica del sustituto de cuero</i> .....	38
3.6.1.8. <i>Análisis estadístico ANOVA</i> .....	40

### CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	41
4.1. Resultados.....	41
4.1.1. <i>Datos obtenidos de los ensayos de la cáscara de coco</i> .....	41
4.1.2. <i>Caracterización Organoléptica de la fibra de la cáscara de coco</i> .....	42
4.1.3. <i>Caracterización morfológica de la fibra de coco</i> .....	42
4.1.4. <i>Rendimiento de obtención de la fibra de la cáscara de coco</i> .....	43
4.1.5. <i>Resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la fibra</i> .....	44

4.1.5.1.	<i>Espectrofotometría de Infrarrojos de la fibra de coco</i> .....	44
4.1.5.2.	<i>Análisis de humedad</i> .....	45
4.1.5.3.	<i>Contenido de cenizas</i> .....	46
4.1.6.	<b><i>Resultados de la caracterización mecánica de la fibra de la cáscara de coco</i></b> .....	47
4.1.6.1.	<i>Lastometría</i> .....	47
4.1.6.2.	<i>Tensión y elongación de la fibra de la cáscara de coco</i> .....	48
4.1.7.	<b><i>Formulaciones para la obtención del sustituto de cuero</i></b> .....	50
4.1.8.	<b><i>Tratamientos empleados para la obtención del sustituto de cuero</i></b> .....	50
4.1.9.	<b><i>Resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica del sustituto de cuero</i></b> ....	51
4.1.9.1.	<i>Análisis de humedad del sustituto de cuero</i> .....	51
4.1.9.2.	<i>Análisis de cenizas del sustituto de cuero</i> .....	51
4.1.10.	<b><i>Resultados de la caracterización mecánica del Sustituto de cuero</i></b> .....	52
4.1.10.1.	<i>Lastometría</i> .....	52
4.1.10.2.	<i>Tensión y elongación de la fibra del sustituto de cuero</i> .....	54
4.1.10.3.	<i>Prueba de biodegradabilidad del sustituto de cuero</i> .....	57
4.2.	<b><i>Análisis estadísticos</i></b> .....	57
4.2.1.	<b><i>Análisis estadístico para la determinación del mejor tratamiento para la obtención de la fibra de la cáscara de coco</i></b> .....	58
4.2.1.1.	<i>Anova de un factor para el rendimiento de la extracción de la fibra de coco</i> .....	58
4.2.1.2.	<i>Anova de un factor para la Tensión de la fibra de coco</i> .....	60
4.2.1.3.	<i>Anova de un factor para la Elongación de la fibra de coco</i> .....	62
4.2.1.4.	<i>Anova de un factor para la Lastometría de la fibra de coco</i> .....	65
4.2.1.5.	<i>Anova de un factor para la Tensión del sustituto de cuero</i> .....	67
4.2.1.6.	<i>Anova de un factor para la Elongación del sustituto de cuero</i> .....	69
4.2.1.7.	<i>Anova de un factor para la Lastometría del sustituto de cuero</i> .....	71
4.2.2.	<b><i>Prueba de Medias</i></b> .....	73
4.2.2.1.	<i>Análisis de medias para la fibra vegetal de coco</i> .....	73
4.2.2.2.	<i>Análisis de medias para el sustituto de cuero</i> .....	74
4.3.	<b><i>Selección del tratamiento óptimo</i></b> .....	74
4.3.1.	<b><i>Tratamiento óptimo de la extracción de la fibra de coco</i></b> .....	74
4.3.2.	<b><i>Tratamiento óptimo para la elaboración del sustituto de cuero</i></b> .....	75
4.4.	<b><i>Discusión</i></b> .....	75
4.5.	<b><i>Comprobación de hipótesis</i></b> .....	76
4.5.1.	<b><i>Comprobación de Hipótesis General</i></b> .....	76
4.5.2.	<b><i>Comprobación de Hipótesis Específicos</i></b> .....	77

## CAPÍTULO V

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>78</b>
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>79</b>

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Referencias bibliográficas antecedentes a la investigación. ....	6
<b>Tabla 2-2:</b> Taxonomía del coco. ....	16
<b>Tabla 2-3:</b> Contenido nutricional de la copra o carne de coco tierna y madura.....	17
<b>Tabla 2-4:</b> Propiedades organolépticas. ....	17
<b>Tabla 2-5:</b> Propiedades fisicoquímicas. ....	18
<b>Tabla 2-6:</b> Composición química de la fibra de coco. ....	21
<b>Tabla 2-7:</b> Propiedades mecánicas de la fibra de coco. ....	21
<b>Tabla 2-8:</b> Propiedades físicas de la fibra de coco. ....	21
<b>Tabla 2-9:</b> Ficha técnica Resina RD-B 176. ....	23
<b>Tabla 2-10:</b> Ficha técnica Resina RD-U 3040. ....	23
<b>Tabla 2-11:</b> Ficha técnica Resina RD-A 1034. Resina Acrílica.....	24
<b>Tabla 2-12:</b> Normas IUP Métodos de ensayo físico sobre el cuero. ....	25
<b>Tabla 3-13:</b> Niveles del factor A. ....	28
<b>Tabla 3-14:</b> Niveles del factor B. ....	29
<b>Tabla 3-15:</b> Tabla de tratamientos. ....	29
<b>Tabla 3-16:</b> Proceso de obtención de la fibra de la cáscara de coco. ....	31
<b>Tabla 3-17:</b> Espectrofotometría de Infrarrojos de la fibra de la cáscara de coco. ....	36
<b>Tabla 3-18:</b> Prueba de humedad de la fibra de la cáscara de coco. ....	36
<b>Tabla 3-19:</b> Prueba de Cenizas de la fibra de la cáscara de coco. ....	36
<b>Tabla 3-20:</b> Prueba Lastometría de la fibra de la cáscara de coco. ....	37
<b>Tabla 3-21:</b> Prueba de Elongación y Tensión de la fibra de la cáscara de coco. ....	37
<b>Tabla 3-22:</b> Proceso de obtención del sustituto del cuero. ....	37
<b>Tabla 3-23:</b> Prueba de Humedad del sustituto de cuero. ....	38
<b>Tabla 3-24:</b> Determinación de Cenizas del sustituto de cuero. ....	38
<b>Tabla 3-25:</b> Prueba de Espesor del sustituto de cuero. ....	38
<b>Tabla 3-26:</b> Prueba de Lastometría del sustituto de cuero. ....	39
<b>Tabla 3-27:</b> Prueba de Elongación y Tensión del sustituto de cuero. ....	39
<b>Tabla 3-28:</b> Prueba de biodegradabilidad del sustituto de cuero. ....	40
<b>Tabla 3-29:</b> Análisis estadístico ANOVA. ....	40
<b>Tabla 4-30:</b> Análisis Macro-morfológico de la cáscara de coco. ....	41
<b>Tabla 4-31:</b> Caracterización organoléptica de la cáscara de coco. ....	41
<b>Tabla 4-32:</b> Caracterización organoléptica de la fibra de la cáscara de coco. ....	42
<b>Tabla 4-33:</b> Variables empleadas para la obtención de las fibras de la cáscara de coco. ....	43

<b>Tabla 4-34:</b> Resultados de rendimiento de la obtención de la fibra de la cáscara de coco. ....	43
<b>Tabla 4-35:</b> Resultados de espectrofotometría de infrarrojos de la fibra de coco. ....	45
<b>Tabla 4-36:</b> Resultados de contenido de humedad en la fibra de coco. ....	46
<b>Tabla 4-37:</b> Resultados de contenido de cenizas en la fibra de coco. ....	47
<b>Tabla 4-38:</b> Resultados de Lastometría en la fibra de coco. ....	48
<b>Tabla 4-39:</b> Resultados de tensión de la fibra de la cáscara de coco. ....	48
<b>Tabla 4-40:</b> Resultados de elongación de la fibra de la cáscara de coco. ....	49
<b>Tabla 4-41:</b> Variables empleadas en la obtención del sustituto de cuero. ....	50
<b>Tabla 4-42:</b> Disposición de la fibra de coco en el sustituto de cuero. ....	50
<b>Tabla 4-43:</b> Resultados de contenido de humedad del sustituto de cuero. ....	51
<b>Tabla 4-44:</b> Resultados de contenido de cenizas del sustituto de cuero. ....	52
<b>Tabla 4-45:</b> Resultados de Lastometría en el sustituto de cuero. ....	52
<b>Tabla 4-46:</b> Resultados de tensión de la fibra del sustituto de cuero. ....	54
<b>Tabla 4-47:</b> Resultados de elongación del sustituto de cuero. ....	56
<b>Tabla 4-48:</b> Resultados ensayo de biodegradabilidad del sustituto de cuero. ....	57
<b>Tabla 4-49:</b> Método aplicado para el análisis estadístico. ....	57
<b>Tabla 4-50:</b> Análisis de Varianza del rendimiento de la fibra de coco. ....	58
<b>Tabla 4-51:</b> Análisis de Medias del rendimiento de la fibra de coco. ....	58
<b>Tabla 4-52:</b> Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey. ....	59
<b>Tabla 4-53:</b> Análisis de Varianza para la tensión de la fibra de coco. ....	60
<b>Tabla 4-54:</b> Análisis de Medias para la tensión de la fibra de coco. ....	61
<b>Tabla 4-55:</b> Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey. ....	61
<b>Tabla 4-56:</b> Análisis de Varianza para la Elongación de la fibra de coco. ....	62
<b>Tabla 4-57:</b> Análisis de Medias para la Elongación de la fibra de coco. ....	63
<b>Tabla 4-58:</b> Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey. ....	63
<b>Tabla 4-59:</b> Análisis de Varianza para la Lastometría de la fibra de coco. ....	65
<b>Tabla 4-60:</b> Análisis de Medias para la Lastometría de la fibra de coco. ....	65
<b>Tabla 4-61:</b> Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey. ....	66
<b>Tabla 4-62:</b> Análisis de Varianza para la Tensión del sustituto de cuero. ....	67
<b>Tabla 4-63:</b> Análisis de Medias para la Tensión del sustituto de cuero. ....	67
<b>Tabla 4-64:</b> Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey. ....	68
<b>Tabla 4-65:</b> Análisis de Varianza para la Elongación del sustituto de cuero. ....	69
<b>Tabla 4-66:</b> Análisis de Medias para la Elongación del sustituto de cuero. ....	69
<b>Tabla 4-67:</b> Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey. ....	70
<b>Tabla 4-68:</b> Análisis de Varianza para la Lastometría del sustituto de cuero. ....	71
<b>Tabla 4-69:</b> Análisis de Medias para la Lastometría del sustituto de cuero. ....	71

**Tabla 4-70:** Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

72

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Cuero.....	7
<b>Ilustración 2-2:</b> Cuero de Bovino .....	8
<b>Ilustración 2-3:</b> Cuero de Cabra. ....	9
<b>Ilustración 2-4:</b> Cuero de Ovino.....	9
<b>Ilustración 2-5:</b> Cuero de Becerro. ....	10
<b>Ilustración 2-6:</b> Cuero de Cerdo. ....	10
<b>Ilustración 2-7:</b> Acabado anilina. ....	11
<b>Ilustración 2-8:</b> Acabado semianilina.....	11
<b>Ilustración 2-9:</b> Acabado pigmentado. ....	12
<b>Ilustración 2-10:</b> Estopa de coco ( <i>Cocos nucifera</i> ) .....	15
<b>Ilustración 3-12:</b> Proceso de obtención de la fibra de coco.....	35
<b>Ilustración 3-13:</b> Modelo de la muestra para la prueba de lastometría.....	39
<b>Ilustración 3-14:</b> Modelo de la muestra para la prueba de tensión y elongación. ....	39
<b>Ilustración 4-15:</b> Microscopía de la fibra de coco.....	42
<b>Ilustración 4-16:</b> Espectros fibra de coco ( <i>Cocos nucifera</i> ) .....	44
<b>Ilustración 4-17:</b> Muestra para lastometría.....	53
<b>Ilustración 4-18:</b> Muestra después de la prueba. ....	53
<b>Ilustración 4-19:</b> Muestra parte posterior. ....	53
<b>Ilustración 4-20:</b> Probetas para las pruebas.....	55
<b>Ilustración 4-21:</b> Probetas después de las pruebas .....	55
<b>Ilustración 4-22:</b> Grafica de intervalos de Rendimiento vs Tratamientos .....	59
<b>Ilustración 4-23:</b> Grafica de Probabilidad normal .....	60
<b>Ilustración 4-24:</b> Grafica de intervalos de Tensión vs Tratamientos.....	62
<b>Ilustración 4-25:</b> Grafica de Probabilidad normal .....	62
<b>Ilustración 4-26:</b> Grafica de intervalos de Elongación vs Tratamientos .....	64
<b>Ilustración 4-27:</b> Grafica de Probabilidad normal .....	64
<b>Ilustración 4-28:</b> Grafica de intervalos de Lastometría vs Tratamientos.....	66
<b>Ilustración 4-29:</b> Grafica de Probabilidad normal .....	67
<b>Ilustración 4-30:</b> Grafica de intervalos de Tensión vs Tratamientos.....	68
<b>Ilustración 4-31:</b> Grafica de Probabilidad normal .....	69
<b>Ilustración 4-32:</b> Grafica de intervalos de Elongación vs Tratamientos .....	70
<b>Ilustración 4-33:</b> Grafica de Probabilidad normal .....	71
<b>Ilustración 4-34:</b> Grafica de intervalos de Lastometría vs Tratamientos.....	72



**Ilustración 4-35:** Grafica de Probabilidad normal ..... 73

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA (COCO)

**ANEXO B:** OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE COCO I

**ANEXO C:** OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE COCO II

**ANEXO D:** OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE COCO III

**ANEXO E:** ESPECTROFOTOMETRÍA DE INFRARROJO DE LA FIBRA DE COCO

**ANEXO F:** PRUEBAS MECÁNICAS DE LA FIBRA DE COCO

**ANEXO G:** PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DE LA FIBRA DE COCO I

**ANEXO H:** PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DE LA FIBRA DE COCO II

**ANEXO I:** ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO I

**ANEXO J:** ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO II

**ANEXO K:** ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO III

**ANEXO L:** PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DEL SUSTITUTO DE CUERO

**ANEXO M:** PRUEBAS MECÁNICAS DEL SUSTITUTO DE CUERO

## RESUMEN

La producción convencional de cuero conlleva significativos desafíos ambientales. Este impacto ambiental se ve exacerbado por la eliminación de la mayoría de los componentes de la piel cruda, donde solo se aprovecha aproximadamente el 20% de su peso, dejando un considerable 80% como residuo desechado. El objetivo de la presente investigación se enfocó en elaborar un sustituto de cuero a partir de la fibra de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*). La metodología se orientó hacia lo experimental, incorporando un enfoque cualitativo que buscó presentar una alternativa a los cueros tradicionales y dar una buena utilidad a los desechos orgánicos, implementando un diseño factorial experimental 2k con el fin de descubrir la formulación óptima para la producción de cuero a partir de la fibra proveniente de la cáscara del coco. La caracterización mecánica a las distintas formulaciones del sustituto de cuero se aplicó de manera completamente al azar (DCA) para analizar los resultados de los diferentes ensayos de resistencia a la tensión, porcentaje de elongación y lastometría establecidos por la Normativa International Union Physical Test (IUP). Para el sustituto de cuero elaborado con fibra de cáscara de coco se obtuvieron valores alentadores correspondientes al mejor tratamiento (T1) con una tensión de 11,87 MPa, 32,86% para el porcentaje de elongación, y 10,05 mm para la lastometría. Además, se obtuvo un 1,72% en la prueba de cenizas y un 3,38% de humedad, cumpliendo con la norma IUP 4, 6 y 9 correspondientes a la resistencia de desgarre, resistencia de la flor del cuero y espesor del cuero. En este contexto se concluye que la elaboración de sustitutos de cuero utilizando fibras de cáscara de coco es una opción prometedora para reemplazar al cuero tradicional, principalmente en su aplicación en accesorios. Esta innovación permite la utilización de fibras de diferentes residuos, al mismo tiempo que contribuye a reducir la contaminación ambiental.

**Palabras clave:** <SUSTITUTO>, <CUERO>, <FIBRA>, <CÁSCARA DE COCO>, <RESINAS>, <CÁSCARA>, <POLIÉSTER>, <ELONGACIÓN>, <TENSIÓN>.

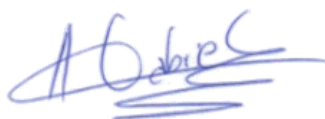
0674-DBRA-UPT-2024



## ABSTRACT

Conventional leather production involves significant environmental challenges. This environmental impact is exacerbated by the elimination of most of the components of the raw hide, where only approximately 20% of its weight is used, leaving a considerable 80% as discarded residue. The objective of the present research was focused on the elaboration of a leather substitute from coconut (*Cocos nucifera*) shell fiber. The methodology was oriented towards the experimental, incorporating a qualitative approach that sought to present an alternative to traditional leathers and to give a good use to organic wastes, implementing a 2k experimental factorial design in order to discover the optimal formulation for the production of leather from coconut shell fiber. The mechanical characterization of the different formulations of the leather substitute was applied in a completely randomized manner (DCA) to analyze the results of the different tests of tensile strength, elongation percentage and lastometry established by the International Union Physical Test (IUP). For the leather substitute made with coconut shell fiber, encouraging values were obtained corresponding to the best treatment (T1) with a tension of 11.87 MPa, 32.86% for the elongation percentage, and 10.05 mm for the lastometry. In addition, 1.72% was obtained in the ash test and 3.38% for moisture content, complying with IUP 4, 6 and 9 corresponding to tear strength, leather grain strength and leather thickness. In this context, it is concluded that the production of leather substitutes using coconut shell fibers is a promising option to replace traditional leather, mainly in its application in accessories. This innovation allows the utilization of fibers from different wastes, while contributing to reduce environmental pollution.

**Key words:** <SUPPLEMENT>, <LEATHER>, <FIBER>, <COCONUT SHELL>, <RESINS>, <SHELL>, <POLYESTER>, <ELONGATION>, <TENSION>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

## INTRODUCCIÓN

La producción de cuero en Ecuador ha experimentado un crecimiento constante en los últimos años, especialmente en provincias de la sierra como Tungurahua, Imbabura, Azuay y otras, que son las mayores productoras de cuero del país. Se enfocan tanto en la producción industrial como artesanal de prendas de vestir a nivel nacional. La industria del cuero siempre ha sido una de las principales fuentes de producción de artículos de alta calidad como calzado, prendas de vestir, accesorios y muebles. Sin embargo, este proceso tradicional tiene graves impactos negativos en el medio ambiente y en términos de sostenibilidad.

La obtención del cuero convencional requiere el uso de muchos recursos naturales, procesos químicos contaminantes y emisiones vinculadas a la deforestación y la pérdida de biodiversidad. La producción de cuero en Ecuador ha experimentado un crecimiento constante en los últimos años, especialmente en provincias de la sierra como Tungurahua, Imbabura, Azuay y otras, que son las mayores productoras de cuero del país. Se enfocan tanto en la producción industrial como artesanal de prendas de vestir a nivel nacional. La industria del cuero siempre ha sido una de las principales fuentes de producción de artículos de alta calidad como calzado, prendas de vestir, accesorios y muebles. Sin embargo, este proceso tradicional tiene graves impactos negativos en el medio ambiente y en términos de sostenibilidad. La obtención del cuero convencional requiere el uso de muchos recursos naturales, procesos químicos contaminantes y emisiones vinculadas a la deforestación y la pérdida de biodiversidad.

La transformación de pieles de animales en cuero es una actividad poco tecnificada y se ha buscado regularla a través de los años. Según la Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador, solamente alrededor del 30% de las empresas curtidoras industriales cumplen parcialmente con la legislación ambiental, lo que se convierte en un problema de difícil regulación debido a que se lleva a cabo comúnmente en zonas sensibles. Es decir, la producción de cuero es un tema complicado debido a que se desarrolla en zonas vulnerables y a la falta de cumplimiento de las normas ambientales por parte de algunas empresas curtidoras (Manobanda, 2017, pág. 2). El impacto negativo de esta actividad está relacionado con la emisión de desechos líquidos y sólidos tales como pelo, grasa y piel cruda que no son utilizados durante el proceso. Además, se pueden presentar daños irreparables debido al uso de cromo y otros productos químicos utilizados durante la producción de cuero (Salinas & Silva, 2022 pág.71).

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

La producción convencional de cuero conlleva significativos desafíos ambientales. Se estima que se necesitan alrededor de 500 kg de productos químicos para transformar suficiente piel animal y producir una tonelada de cuero terminado, con el 85% de estos químicos convirtiéndose en residuos tóxicos. Este impacto ambiental se ve exacerbado por la eliminación de la mayoría de los componentes de la piel cruda, donde solo se aprovecha aproximadamente el 20% de su peso, dejando un considerable 80% como residuo desechado (Greenpeace, 2012, pág. 5).

A pesar de la conciencia creciente sobre estos problemas, la demanda de productos de cuero sigue en aumento, especialmente en regiones con climas templados y secos. La necesidad de prendas que ofrezcan aislamiento térmico en estas zonas geográficas agrega una complejidad adicional al dilema. En respuesta a este escenario, la búsqueda de alternativas más sostenibles se ha intensificado. Se destaca la fibra de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) como una prometedora solución. Esta fibra, comúnmente considerada un residuo agrícola o subproducto, emerge como una fuente renovable y ecológica para la elaboración de un sustituto de cuero. La adopción de la fibra de coco como alternativa podría potencialmente mitigar el impacto ambiental asociado con la producción convencional de cuero.

### 1.2. Limitaciones y delimitaciones

#### 1.2.1. Limitaciones

- La dificultad para obtener la cáscara de coco, debido a que es una fruta tropical y por consiguiente crece solo en ambientes cálidos.
- Los cocoteros tardan años en dar frutos, alrededor de 5 años tardaría una palmera en madurar y producir cocos.
- Costos de logística de transporte de coco de regiones tropicales a regiones secas y templadas.
- Realizar la caracterización deseada implicaría acceso y disponibilidad de múltiples equipos. Por ende, se adapta la investigación y las pruebas a las realidades locales.

### **1.2.2. Delimitaciones**

- Estudiar el sustituto de cuero, delimitando la investigación en los residuos del coco, específicamente la cáscara del coco. Debido a que existe una gran cantidad de residuos orgánicos de los cuales se puede obtener su fibra para su posterior estudio.
- Se obtendrá la fibra procedente de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) solo mediante un proceso químico de enriado en medio básico.

### **1.3. Justificación**

El coco (*Cocos nucifera*) es un fruto ampliamente producido en Ecuador, especialmente en la zona costera debido a que crece en ambientes tropicales. Aproximadamente el 85% de la producción se lleva a cabo en provincias como Esmeraldas, Manabí y Guayas (Burbano et al., 2020 pág. 44). La versatilidad de este fruto permite utilizar cada parte de él, por lo que, en este proyecto de investigación, se pretende utilizar la fibra de la cáscara del coco (*Cocos nucifera*) para generar un sustituto de cuero que pueda ser utilizado en la fabricación de utensilios y prendas, como una alternativa al proceso de transformación de la piel de animal.

Dado que el coco (*Cocos nucifera*) es un fruto altamente producido y consumido, se puede estimar la gran cantidad de desechos orgánicos que se generan, como por ejemplo su cáscara. Esta parte contiene grandes cantidades de fibra, las cuales pueden ser aprovechadas para reducir la cantidad de residuos y buscar alternativas sostenibles que reemplacen los procesos de alta contaminación causados por las industrias. Esta investigación busca contribuir significativamente a la necesidad de encontrar alternativas más amigables con el medio ambiente en la producción de artículos de cuero. Al utilizar la fibra de la cáscara del coco (*Cocos nucifera*) como materia prima, se estaría promoviendo una práctica más respetuosa con el entorno, reduciendo el consumo de recursos naturales y evitando la emisión de productos químicos tóxicos por el proceso convencional de elaboración del cuero.

## **1.4. Hipótesis**

### ***1.4.1. Hipótesis General***

- ¿Es posible realizar un cuero a base de la fibra de la cáscara del coco (*Cocos nucifera*)?

### ***1.4.2. Hipótesis Específicos***

- ¿Es posible obtener la fibra procedente de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) mediante un proceso químico de enriado en medio básico?
- ¿El diseño experimental 2k nos ayuda a desarrollar la formulación óptima del sustituto de cuero?

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### ***1.5.1. Objetivo General***

- Elaborar un sustituto de cuero a partir de la fibra de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*).

### ***1.5.2. Objetivos Específicos***

- Obtener la fibra procedente de cáscara de coco (*Cocos nucifera*) mediante un proceso químico de enriado en medio básico, caracterizándola en base a la Norma ISO 6938:2012 establecida para Textiles-Fibras Naturales.
- Implementar un diseño experimental 2k para desarrollar la formulación óptima del sustituto de cuero a base de fibra de cáscara de coco (*Cocos nucifera*) y resinas de alta cobertura como RD-U 3040 y RD-A 1034.
- Comparar las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del sustituto de cuero obtenido con respecto al cuero convencional, utilizando como referencia la norma *Internacional Union Physical Test (IUP)*



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Marco conceptual

##### 2.1.1. *Antecedentes de investigación*

Se han realizado investigaciones relacionadas a la elaboración de sustitutos de cueros, donde dichos investigadores buscan comparar cueros biodegradables elaborados a base de hojas de piña/almidón de papa criolla y piña fina/almidón de yuca, a su vez comparar estos con los cueros tradicionales (curtiembre). Se obtuvieron varios resultados relacionados con el análisis de agua, tacto, olor, fuego, desgaste, resistencia y decolorado. Descubrieron que el cuero elaborado a base de la fibra de la piña fina y almidón de yuca resulto ser más rígido, un olor pútrido y absorbe agua a diferencia del cuero elaborado a base de la fibra de piña y almidón de papa criolla este resulto ser más suave, sin olor y no absorbe agua. Se puede concluir en dicha investigación que el cuero biodegradable elaborados a base de piña/almidón de papa criolla y piña fina/almidón de yuca son inversamente proporcional al cuero tradicional, esto quiere decir que no cumplieron con las características y especificaciones necesarias del cuero de curtiembre (Beltrán et al., 2022 pág. 40).

Al hablar de la elaboración de un sustituto del cuero a base de los desechos del coco (*Cocos nucifera*), tenemos que saber cuáles son los resultados posibles relacionados con la extracción de la fibra, según (Mosquera & Zhapán, 2019 pág. 65) podemos darnos una idea, donde en dicha investigación, utilizaron 501 gramos de desechos del coco (*Cocos nucifera*) y obtuvieron 19 gramos de fibra con un rendimiento del 16.25%. Lo cual nos pone en contexto, concluyendo que son porcentajes relativamente mejores que la obtención de fibra a partir de la cáscara de piña, aumentando así las expectativas relacionadas con la elaboración de un sustituto de cuero a partir de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*).

En base a los antecedentes podemos utilizar nuevos métodos, alternativas y nuevas materias primas (como lo es la cáscara del coco) para elaborar cuero biodegradable que cumpla las normas requeridas y no volver a cometer errores, buscando ahorrar tiempo y presupuesto. Como podemos observar existen varios proyectos de investigación a nivel nacional relacionadas con la elaboración de cuero sustituto a base de la cáscara de piña y distintos almidones, donde si bien es cierto es un fruto con un porcentaje de fibras considerable, hay frutos y vegetales que podrían

aportar de mejor manera los porcentajes fibras que se necesitan. Podemos sustentar dicho análisis citando datos de investigaciones relacionadas con la extracción de fibra de piña, en este caso según (Mosquera & Zhapán, 2019 pág. 65) utilizaron 505 gramos de cáscara de piña y se obtuvo 11 gramos de fibras con un rendimiento de 4.19%. Evidenciando que con relación al coco (*Cocos nucifera*), este obtuvo menos fibra como producto final.

**Tabla 2-1:** Referencias bibliográficas antecedentes a la investigación.

Autor(es)	Año	Título
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mariela E. Rubio Uribe</li> <li>• Ana L. Soto Salgado</li> </ul>	2015	Estudio de factibilidad para la implementación de una micro-empresa productora de fibra de dos variables de agave cabuya negra y agave sisal.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gloria Chaparro Chaparro</li> <li>• Anggie N. Puerto Sánchez</li> <li>• Xiomara A. Velásquez Quimbay</li> </ul>	2017	Producción de cuero de piña
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jordan J. Acosta Inga</li> <li>• Leydy K. Anticona Ore</li> <li>• Rosa P. Laura Carhuapoma</li> <li>• Wendy Retamozo Taipe</li> </ul>	2019	Estudio de prefactibilidad para la elaboración de cuero vegetal de hojas de piña para la producción y comercialización de billeteras con enfoque socioambiental.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kelly J. Cadavid Sánchez</li> </ul>	2019	Un calzado a partir de fibras naturales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alithu Castro Tafur</li> <li>• Fiorella E. Contreras Caballo</li> </ul>	2019	Estudio tecnológico para la fabricación de un sustituto del cuero hecho a base de fibra de caña de azúcar en el Perú.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diego R. Bohórquez Carrasco</li> <li>• Daniela A. Hurtado Izquierdo</li> <li>• Azucena F. Peña León</li> <li>• Gerson J. Quispe Livias</li> </ul>	2020	Cuero a partir de la fibra de Pseudotallo de Plátano
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dania G. Bueno Armijos</li> </ul>	2021	Experimentación de técnicas textiles en biocueros elaborados a partir de mango, fresa y banano
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kleber F. Pita Mera</li> <li>• Carlos A. Domo Mendoza</li> </ul>	2021	Análisis paramétrico del cuero sintético elaborado con fibra de coco como sustituto del cuero animal en el Ecuador.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• María C. Quecan Vega</li> <li>• Andrés F. Sierra Gonzáles</li> </ul>	2022	Diseño de un proceso para producir un sustituto del cuero bovino a base de fibras naturales derivadas de la caña de azúcar

Realizado por: Angulo N., 2024.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Cuero**

El cuero se forma a partir de la piel de animales de gran tamaño, como vacas y caballos, entre otros. El proceso de curtido generalmente implica un tratamiento químico que transforma la piel del animal en cuero acabado (Arias & Jaramillo, 2022 pág.1). El cuero, desde tiempos inmemoriales, ha sido uno de los primeros materiales elaborados por la humanidad, cargado de importantes connotaciones culturales, religiosas y sociales. A lo largo de la historia, este material ha estado estrechamente ligado a la búsqueda de alimentos, ya que en épocas donde la caza de animales era esencial para la subsistencia, la piel de estos animales se transformaba en una valiosa fuente de abrigo. Esta asociación entre los animales y la necesidad fundamental de sobrevivir ha impregnado al cuero de una profunda carga emocional (Universidad de Palermo - Facultad de Diseño y Comunicación, 2008, pág. 217).

La importancia fundamental del cuero reside en sus beneficios prácticos, como su resistencia a la tracción y la abrasión, su capacidad para mantener la temperatura y repeler el agua, así como su capacidad para permitir la ventilación. Estas características se ven potenciadas por la versatilidad del cuero en términos de su capacidad para ser trabajado con métodos de fabricación de baja tecnología y artesanales. Esta combinación de atributos ha asegurado la viabilidad y singularidad de los productos de cuero en sí mismos, sin la necesidad de explorar nuevas fronteras. En un mercado altamente competitivo, los productos de cuero se destacan por su originalidad y calidad, lo que les otorga una posición destacada en su categoría (Universidad de Palermo - Facultad de Diseño y Comunicación, 2008, pág. 216).



**Ilustración 2-1: Cuero**

**Fuente:** Serma.net, 2019.

### 2.2.2. Tipos de cuero

De acuerdo a su procedencia, se pueden distinguir tipos de cuero derivados de animales como bovinos, caprinos, porcinos, equinos, nutrias, chinchillas, reptiles, peces o ciervos. Los hábitos de vida del animal, su edad, género y la estación del año en la que fue tratado, influirán en la estructura de las pieles (OZAPATO, 2021, pág. 1). Clasificando según el tratamiento después del curtido. El proceso de curtido transforma la piel de un estado putrescible a uno inalterable. Históricamente, este proceso ha involucrado el uso de taninos, compuestos químicos que previenen la descomposición de la piel (OZAPATO, 2021, pág. 1).

#### 2.2.2.1. Bovino o Vacuno

Las pieles provenientes de bovinos o vacunos suelen captar mayor interés cuando se busca su empleo en la manufactura de bolsos. Ya sean de tonalidades verdes o conservadas, su calidad y versatilidad persisten. Se destacan por su firmeza compacta, rigidez y flexibilidad, lo que las vuelve increíblemente resistentes y duraderas. Estas pieles están compuestas de tejidos fibrosos y elásticos, y tras su proceso de industrialización, adquieren un acabado con corte y grano fino. Las pieles de vacunos jóvenes superan en calidad a las de los más ancianos, y aquellas provenientes de animales criados al aire libre también sobresalen (Neoattack, 2018, pág. 1).



**Ilustración 2-2:** Cuero de Bovino

**Fuente:** Lindo Campo, 2019.

#### 2.2.2.2. Cabras

Las pieles de cabra se caracterizan por su finura y a la vez compacidad y flexibilidad, lo que les confiere una notoria resistencia. A diferencia del bovino, las cabras no producen lana, sino pelo. Debido a su delicadeza, estas pieles suelen destinarse a productos de alto valor. Al igual que en los casos anteriores, las pieles más valiosas y finas se obtienen de los ejemplares jóvenes (Neoattack, 2018, pág. 1).



**Ilustración 2-3:** Cuero de Cabra

**Fuente:** Curtidos Cabezas, 2024.

#### 2.2.2.3. *Ovinos*

A diferencia del ganado bovino, los ovinos se crían primordialmente por su lana. La calidad de la piel suele correlacionar con la calidad de la lana; a menor calidad de lana, mayor calidad de piel. Las pieles de ovinos son delgadas, flexibles, extensibles y su color puede variar según la raza (Neoattack, 2018, pág. 1).



**Ilustración 2-4:** Cuero de Ovino

**Fuente:** Curtidos Efren SL., 2019.

#### 2.2.2.4. *Becerro*

Las pieles de becerro provienen de terneros lecheros machos. En Europa, los animales se faenan sin castrar, lo que resulta en ejemplares más pequeños en comparación con los de América, donde se engordan después de castrarlos. La distinción principal en comparación con los cueros vacunos radica en la finura del grano y la estructura, lo que los hace más delicados (Neoattack, 2018, pág. 1).



**Ilustración 2-5:** Cuero de Becerro

**Fuente:** AliExpress, 2023.

#### 2.2.2.5. *Cerdos*

La piel de cerdo es porosa y a la vez fuerte y suave. Tras su tratamiento e industrialización, adquiere resistencia y durabilidad. Al igual que en los casos anteriores, la calidad de la piel suele variar según los hábitos de vida del cerdo, aunque en general tiende a ser bastante rígida (Neoattack, 2018, pág. 1).



**Ilustración 2-6:** Cuero de Cerdo

**Fuente:** Proboca, 2023.

El proceso de curtido es esencial para transformar las pieles crudas en cuero resistente y duradero. Comienza con el salado para eliminar el exceso de agua y prevenir la descomposición. Luego, las pieles se rehidratan en un proceso de remojo y se eliminan el pelo y el tejido conectivo en las etapas de despelado y desencalado. El verdadero curtido se lleva a cabo sumergiendo las pieles en una solución que contiene sales de cromo, lo que fortalece las fibras de colágeno y las hace resistentes al deterioro. Después, las pieles se neutralizan, lavan y se someten a procesos como engrasado, teñido y pulido. Por último, se secan y se estiran para mantener su forma y tamaño. Existen diferentes métodos de curtido, como el vegetal, cada uno con sus propias ventajas y desafíos. La ejecución precisa del proceso es fundamental para obtener cuero de alta calidad.

### 2.2.3. *Acabados del cuero*

#### 2.2.3.1. *Acabado anilina*

El acabado mencionado es transparente y carece de pigmentos u otros productos que cubran la superficie; se emplea específicamente en pieles de alta calidad. Los colorantes son empleados con el propósito de realzar, contrastar o igualar el tono del color. En este tipo de acabado, los poros naturales de la piel pueden permanecer visibles, mostrando así una interacción entre animales y humanos (Torres, 2011, pág. 41).

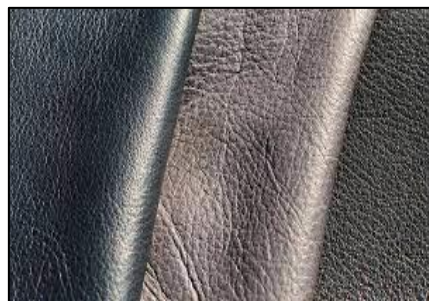


**Ilustración 2-7:** Acabado anilina

**Fuente:** Tarrago, 2012.

#### 2.2.3.2. *Acabado semianilina*

El acabado descrito posee un efecto de cobertura específico, logrado mediante la incorporación de pigmentos orgánicos o minerales junto con colorantes de realce. Los acabados que incluyen capas completamente opacas seguidas de capas transparentes con colorantes no deben ser clasificados como semianilina, ya que en realidad se trata de acabados pigmentados con efectos de contraste similares a los de la anilina (Torres, 2011, pág. 42).

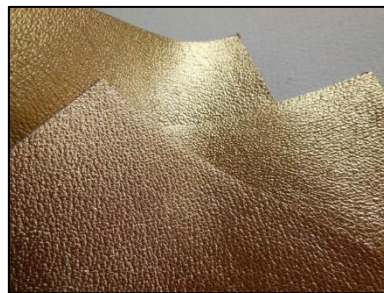


**Ilustración 2-8:** Acabado semianilina

**Fuente:** Allbiz, 2024.

### 2.2.3.3. *Acabado pigmentado*

Este presenta una cobertura completa que se logra mediante el uso de una cantidad sustancial de pigmentos de alta opacidad. Estos compuestos tienden a oscurecer los poros naturales de la piel. Este tipo de acabado se aplica a pieles de calidad inferior o corregidas, con el objetivo de disimular los defectos una vez que el proceso de curtido ha finalizado. Comúnmente, este tipo de acabado incluye un grabado en la superficie de la piel para ocultar los posibles defectos, utilizando un patrón de poro u otro método similar. Añadir colorantes en capas intermedias o finales, en combinación con los pigmentos, puede brindar un efecto visual adicional al artículo, sin embargo, no altera su capacidad de cobertura (Torres, 2011, pág. 42).



**Ilustración 2-9:** Acabado pigmentado

Fuente: Qiwa, 2023.

### 2.2.4. *Productos derivados del cuero*

Se pueden fabricar diversos tipos de prendas, que van desde abrigos, sombreros, chaquetas, botas y guantes, hasta tapicería para automóviles y muebles. Además, también se producen artículos de piel como bolsos, correas de reloj y calzado tradicional de cuero (Arias & Jaramillo, 2022 pág. 9). Un análisis conciso de las múltiples aplicaciones del cuero en la sociedad nos permite diferenciar entre aquellas que tienen un enfoque práctico y aquellas que se consideran lujosas. Aunque el cuero puede servir a un propósito dual, como en el caso de los productos de moda como el calzado, la ropa y los accesorios (Universidad de Palermo - Facultad de Diseño y Comunicación, 2008, pág. 217). A modo de ejemplos específicos dentro de las categorías mencionadas, se presenta esta lista parcial:

- Billeteras
- Cascos
- Tapas de libros



### **2.2.5. *Industria de Curtiembre***

La industria del cuero, especialmente en países en desarrollo como Etiopía, desempeña un papel crucial en la manufactura y se percibe como un sector prioritario para el fomento del desarrollo sostenible. Esto implica que esta industria tiene un impacto significativo tanto en la economía local como en la sostenibilidad ambiental y social.

La industria del cuero enfrenta desafíos debido a las regulaciones establecidas por diversos organismos de control de la contaminación, que exigen el cumplimiento de normas estrictas para la descarga de químicos en el agua tratada. Se está llevando a cabo investigación sobre la contaminación causada por el uso de cromo y otros productos químicos en esta industria, con el fin de identificar posibles efectos adversos. La contaminación por cromo es especialmente preocupante debido a las propiedades cancerígenas de los contaminantes y a los desechos de las curtidurías que procesan el cuero (Awoke et al., 2024 pág. 1).

### **2.2.6. *Curtiembre en el Ecuador***

La actividad curtidora se enfoca en el procesamiento de pieles, en su mayoría provenientes de ganado, que son sometidas a tratamientos para transformarse en cuero. Este material es empleado en diversos sectores como calzado, tapicería y prendas de vestir, abarcando un amplio espectro de aplicaciones. La calidad de la piel está directamente vinculada a la crianza de los animales, ya sean ovinos o bovinos, así como a su alimentación y entorno de cría. Estos factores resultan fundamentales tanto en la producción como en el tratamiento del cuero. En esencia, el estilo de vida de los animales que forman parte de esta industria adquiere una relevancia crucial, ya que impacta en la robustez del proceso de transformación de la piel. A partir de estas consideraciones, la piel se convierte en una materia prima que puede ser empleada en la confección de una amplia variedad de productos, otorgándoles durabilidad y resistencia (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2004, pág. 8).

En Ecuador, el procedimiento de curtiembre implica la eliminación del pelo de la piel, seguido del curtido mediante el uso de agentes, generalmente químicos, con el propósito de conferir características físicas como textura, color y engrasado al material, mejorando su apariencia y tacto de acuerdo al uso previsto. Se trata de una industria que ha sido poco explotada y comprendida en el país, quizás debido a la falta de tecnología adecuada para su desarrollo. No obstante, la provincia de Tungurahua se destaca como la principal zona de producción en este ámbito.

### **2.2.7. *Problemas de contaminación causados por la Industria de la Curtiembre***

Según la (IPPC, 2001, pág. 108) los desafíos ambientales que surgen durante la producción del cuero son diversos y están vinculados a distintos elementos del entorno: agua, aire y suelo. Se calcula que cada tonelada de pieles sin tratar genera alrededor de 600-800 kg de residuos sólidos, junto con un volumen de efluentes que oscila entre 15 y 50 m<sup>3</sup>. Estos efluentes contienen aproximadamente 250 kg de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y 100 kg de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Para llevar a cabo el procesamiento, se emplean 500 kg de varios productos químicos, de los cuales solo un 40 a 50% realmente se incorpora a la piel. Cabe destacar que entre un 20 y 50% del peso total de la piel se añade en forma de componentes químicos inorgánicos, mientras que entre un 3 y 40% se compone de químicos orgánicos. Estos últimos contribuyen en pequeñas cantidades a los valores de DQO y DBO.

En el proceso de elaboración de cuero, las aguas residuales generadas contienen metales pesados como plomo, cadmio, cromo, zinc y mercurio, entre otros. Estos elementos son liberados en ecosistemas acuáticos y suelos, contribuyendo al aumento gradual de la contaminación en las fuentes de agua (Buñay, 2022, pág. 5). El empleo constante de estos metales en la industria ha resultado en un incremento de su presencia en el agua, lo que eleva la concentración de los mismos y, por consiguiente, incrementa el riesgo para seres humanos y otras formas de vida. Esto se debe a diversas actividades humanas que añaden a la amenaza, ya que estos metales persisten en el entorno, se acumulan en los organismos, no se descomponen biológicamente y presentan toxicidad incluso en bajas concentraciones. Esta situación plantea una seria amenaza para plantas, animales y también para los humanos debido a sus propiedades, y es importante abordarla de manera efectiva para mitigar sus impactos negativos.

### **2.2.8. *Productos que se usan para fabricar sustitutos de cuero***

Según (Ali et al., 2021 págs. 1-2) el uso de subproductos desechados de la industria del cuero, como el pelo de vaca, en conjunción con resina de poliéster insaturado (UPR), con el propósito de crear compuestos que ayuden a reducir la contaminación atmosférica, representa una estrategia novedosa y prometedora en términos de sostenibilidad y gestión de residuos. El proceso de elaboración de estos compuestos típicamente involucra el tratamiento del pelo de vaca para eliminar impurezas y mejorar su calidad. Posteriormente, se mezcla con la resina de poliéster insaturado, un material versátil ampliamente empleado en distintas aplicaciones, incluyendo la fabricación de plásticos reforzados con fibra de vidrio, compuestos y revestimientos. Entre los

productos que se pueden usar para la elaboración de un sustituto de cuero se encuentran los siguientes:

- **Resina de poliéster insaturado:** Involucra agregar un iniciador de peróxido, el cual activa la polimerización y entrecruzamiento de las moléculas de poliéster. Este proceso genera calor y resulta en la creación de un material sólido que es resistente tanto al calor como a los efectos del impacto y de los productos químicos.
- **Resinas alternativas:** Además de la resina de poliéster insaturado, se pueden emplear otras resinas como la resina epoxi, la resina de poliuretano o resinas biodegradables, dependiendo de las necesidades del proyecto y los requisitos de sostenibilidad.
- **El pelo de vaca:** es un subproducto obtenido durante el proceso de curtiduría, en el cual se separa la piel del animal de la carne para la producción de cuero. El pelo de vaca puede presentar una variedad de colores y texturas, los cuales están influenciados por la raza del animal y otros factores genéticos.

#### 2.2.9. *Coco (Cocos nucifera)*

El cocotero, conocido científicamente como *cocos nucifera*, destaca como una de las palmeras más significativas. Su fruto, hojas y madera proporcionan a numerosos pobladores rurales una fuente crucial de alimento, bebida, combustible y refugio. El coco, fruto del cocotero, es considerado una de las nueces más relevantes en el mundo. No obstante, en realidad, el coco es una fruta. Su apariencia en términos de color, forma y tamaño varía en función de la variedad. En su versión común, el coco pesa alrededor de 1 a 1.5 kg y exhibe una forma ovalada cuando se lo observa en corte transversal.



**Ilustración 2-10:** Estopa de coco (*Cocos nucifera*)

**Realizado por:** Angulo N., 2024

### 2.2.9.1. Taxonomía

**Tabla 2-2:** Taxonomía del coco.

TAXONOMÍA	
<b>REINO</b>	Plantae
<b>FAMILIA</b>	Areceaceae
<b>SUBFAMILIA:</b>	Arecoideae
<b>TRIBU</b>	Cocoseae
<b>SUBTRIBU</b>	Rutiinae
<b>GÉNERO</b>	Cocos
<b>ESPECIE</b>	Cocos nucifera

**Fuente:** Izurieta & Vélez, 1989.

**Realizado por:** Angulo N., 2024.

### 2.2.9.2. Fisiología del coco (*Cocos nucifera*)

El tejido grueso que rodea al coco forma una masa fibrosa conocida como bonete, que es aprovechada para obtener fibras. Estas fibras pueden emplearse para tejer cuerdas, así como utilizarse como material de relleno y en tapicerías. Por otro lado, la cáscara del coco posee la versatilidad de ser tallada en objetos intrincados y hermosos. Además, tiene la capacidad de transformarse en un carbón vegetal de alta calidad, que a su vez puede ser convertido en carbón activado (Ortega et al., 2005 pág. 69). La nuez en sí contiene una notable cantidad de agua, que se convierte en una bebida refrescante de gran valor nutritivo. La parte interna de la nuez, conocida como el "albumen" o la "carne" del coco, constituye el componente principal que se utiliza en la industrialización del coco.

**Tabla 2-3:** Contenido nutricional de la copra o carne de coco tierna y madura.

COMPOSICIÓN	TIERNA	MADURA
Agua	80.6 g	51.9 g
Lípidos	5.5 g	26.1 g
Carbohidratos	11 g	15.1 g
Cenizas	0.6 g	0.9 g
Fibra	0.9 g	2.1 g
Calcio	10 g	32 mg
Fósforo	54 g	96 mg
Hierro	0.7 g	1.5 mg
Tiamina	0.07 g	0.04 mg
Riboflavina	0.04 g	0.03 mg
Niacina	0.9 g	0.4 mg
Vitamina C	4 mg	3 mg
Energía	96 Kcal	293 Kcal

**Fuente:** Izurieta & Vélez, 1989.

**Realizado por:** Angulo N., 2024.

#### 2.2.9.3. *Propiedades Organolépticas*

- Una membrana seminal delgada y de tonalidad rojo castaño que se encuentra firmemente adherida a la cáscara.
- Un núcleo blanco brillante, con un espesor de 1 a 2 cm, que proporciona el aceite de coco.
- Un líquido de aspecto opalescente conocido como agua de coco.
- Un embrión orientado verticalmente, situado en el núcleo junto con los tres poros germinativos de la nuez (Ortega et al., 2005 pág. 90).

**Tabla 2-4:** Propiedades organolépticas.

<b>Color</b>	Su coloración es de un tono café claro que lo distingue de otras semillas debido a su considerable tamaño.
<b>Olor</b>	Buen olor en un estado óptimo, no obstante, cuando se deteriora, su fragancia se transforma y adquiere la característica fragancia de la fermentación aeróbica.
<b>Textura</b>	Esta posee una solidez notable, lo que la vuelve resistente y difícil de consumir de manera veloz y simple.

**Fuente:** Ortega et al., 2005.

**Realizado por:** Angulo N., 2024

#### 2.2.9.4. *Propiedades Fisicoquímicas*

**Tabla 2-5:** Propiedades fisicoquímicas.

<b>Producto</b>	<b>%Humedad</b>	<b>%Grasa</b>	<b>%Proteína</b>	<b>%Carbohidratos</b>	<b>%Cenizas</b>	<b>%Fibra</b>
Agua de coco	93	1	1	5	1	-
Pulpa blanda	93	1	1	3	1	-
Pulpa firme	82	2-3	1	2-3	1	-
Leche de coco	52	27	4	16-18	1	1

Fuente: Izurieta & Vélez, 1989.

Realizado por: Angulo N., 2024

#### 2.2.10. *Producción del coco en Ecuador*

Ecuador es un país con un grado de incursión significativo en el sector agropecuario. El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en año 2010, presentó la Encuesta de Superficies de Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), en la que se reveló que Ecuador posee 7,3 millones de hectáreas dedicadas a la agricultura y la mayoría están ubicadas en Manabí, Guayas, Loja, Los Ríos y Esmeraldas. En el Ecuador existe una gran producción de coco. Esta se centra en la región Costa con aproximadamente un 85%, tanto en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos y El Oro. Dónde su demanda se basa en el agua y pulpa del mismo. Ecuador cuenta con zonas potenciales para un cultivo eficiente de coco, sin embargo, el país no aprovecha todos los elementos constituyentes del mismo (Burbano et al., 2020 pág. 44).

#### 2.2.11. *Fibras Vegetales*

Las fibras vegetales son componentes estructurales presentes en todas las plantas superiores, principalmente constituidas por fibrillas de celulosa alojadas en una matriz de lignina. Su disposición alineada proporciona resistencia a la tracción y a la flexión, así como rigidez. La eficiencia de estas fibras está determinada por la naturaleza y la cristalinidad de la celulosa. La fibra es una célula individual presente en el tejido esclerenquimático de las plantas, caracterizada por una pared celular gruesa y compuesta por distintas proporciones de celulosa, hemicelulosa y lignina (Deaquiz & Moreno, 2016 pág. 32).

### 2.2.12. Clasificación de las fibras Vegetales

Las plantas que producen fibras naturales se dividen en categorías primarias y secundarias, dependiendo de su propósito de cultivo. Las plantas primarias son aquellas cultivadas específicamente por su contenido de fibra, como el algodón, el yute, el cáñamo, el kenaf y el fique. Por otro lado, las plantas secundarias generan fibras como un subproducto, como la piña, la palma de aceite y el coco (Deaquiz & Moreno, 2016 pág. 32).

#### 2.2.12.1. Fibra de Lino

El lino (*Linum usitatissimum L.*) es una fibra de hilo que se cultiva en climas templados y es una de las fibras más antiguas y uno de los cultivos más importantes a nivel global. Las fibras de lino se utilizan en la industria textil y sus propiedades mecánicas de tracción se determinan según el grosor y la posición de los tallos (Deaquiz & Moreno, 2016 pág. 35).

#### 2.2.12.2. Fibra de Algodón

Las fibras de algodón (*Gossypium hirsutum L.*) tienen una gran relevancia económica en la industria textil, lo que ha motivado la realización de numerosos estudios centrados en este cultivo. La glucólisis es un proceso que influye notablemente en el alargamiento de las fibras de algodón, lo que constituye un área valiosa para investigaciones futuras sobre los mecanismos moleculares que subyacen a este proceso de alargamiento (Deaquiz & Moreno, 2016 pág. 36).

#### 2.2.12.3. Fibra de Kenaf

El kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) es una planta anual de día corto perteneciente a la familia de las Malváceas, con tallos erguidos y de rápido crecimiento, de los cuales se obtienen diversos productos tradicionales. La estructura del tallo del kenaf se divide principalmente en dos partes: la corteza, que constituye aproximadamente el 35 al 40% del peso total del tallo y está compuesta principalmente por fibras largas (de 2 a 6 mm), y la médula, que representa el 60 al 65% restante del peso total del tallo y contiene fibras más cortas (de 0,6 mm) (Deaquiz & Moreno, 2016 pág. 37).

#### **2.2.12.4. Fibra de Fique**

Fique, también conocido como *Furcraea* sp. El agave, es una planta fibrosa que se encuentra en diversas regiones de América tropical. Esta fibra está compuesta aproximadamente por un 14,5% de lignina y un 63,0% de celulosa, hemicelulosa, pectina y cera (Deaquiz & Moreno, 2016 pág. 37).

#### **2.2.13. Fibra del coco (*Cocos nucifera*)**

La fibra de coco es un subproducto de la industria que transforma el coco, donde se procesan las cáscaras de coco para obtener fibras destinadas a diferentes sectores. Las cáscaras de coco son sometidas a un procedimiento de trituración, durante el cual se separan las fibras más extensas en distintos tamaños de partículas, dependiendo del uso deseado. La mezcla restante de fibras pequeñas y polvo se comercializa tal como se obtiene, siendo empleada en aplicaciones hortícolas (Buechel, 2023, pág. 1).

#### **2.2.14. Tipos de fibra de coco (*Cocos nucifera*)**

A partir de las envolturas de coco, el interior del coco (también denominado polvo de fibra de coco) y las piezas fragmentadas de fibra de coco (trozos), normalmente se emplean para la creación de sustratos de cultivo, aunque la fibra de coco en sí no se utiliza directamente. La médula de coco, por lo general, se mezcla con turba de sphagnum y otros componentes para producir diversos sustratos de cultivo destinados a la germinación de semillas y para propósitos de crecimiento en general (Buechel, 2023, pág. 1).

- Coir fibre (Fibras de coco)
- Coir chips (Chips de coco)
- Coir pith (Medula de coco)

#### **2.2.15. Características de la fibra de coco (*Cocos nucifera*)**

- Posee una destacada habilidad para retener y absorber la humedad. A diferencia de la turba de sphagnum, la fibra de coco carece de una capa de cera que repela el agua, lo cual elimina la necesidad de emplear agentes humectantes.
- Su proporción elevada de lignina a celulosa le confiere una mayor resistencia a la descomposición física cuando se manipula y procesa con herramientas hortícolas para rellenar superficies planas y recipientes.



- La fibra de coco presenta una destacada aptitud para mantener una buena proporción de aire y agua dentro del recipiente (Buechel, 2023, pág. 1).
- Su nivel de pH abarca desde ligeramente ácido hasta neutro, lo que evita la necesidad de añadir piedra caliza para ajustar el pH. El pH de la fibra de coco oscila entre 6.0 y 6.8, en contraste con la turba de sphagnum que registra un pH de 3.5 a 4.8.

### 2.2.16. Composición química de la fibra de coco

**Tabla 2-6:** Composición química de la fibra de coco.

Fibra	Celulosa (% peso)	Hemicelulosa (% peso)	Lignina (% peso)
Coco	32-43	0,15-0,25	10-45

Fuente: Mazón, 2017.

Realizado por: Angulo N., 2024.

### 2.2.17. Propiedades físicas y mecánicas de la fibra de coco

**Tabla 2-7:** Propiedades mecánicas de la fibra de coco.

Fibra	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Resistencia a la Tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Elongación Fractura (%)	Absorción de humedad (%)
Coco	1,2	175-220	4-6	15-30	10

Fuente: Dávila et al., 2011; citados en Mazón, 2017.

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 2-8:** Propiedades físicas de la fibra de coco.

Contenido de humedad (%)	Contenido de cenizas (%)	Contenido de carbono (%)	Absorción de agua (%)	Diámetro de promedio (µm)	Densidad (g/m <sup>3</sup> )
27,1	5,1	51,5	169	397	1,29

Fuente: Buchanan et al., 2007; citados en Mazón, 2017.

Realizado por: Angulo N., 2024.

### 2.2.18. Extracción de fibras

Las fibras están estrechamente adheridas a los restantes elementos de la planta, y su extracción debe ser llevada a cabo con extrema precaución, con el objetivo de minimizar cualquier daño. Se han ideado métodos mecánicos, biológicos y químicos para separar estas fibras, por lo tanto, es necesario realizar un análisis exhaustivo de las características del material para determinar la estrategia más apropiada en cada situación (Estrada, 2009, pág. 12). Los métodos mecánicos implican la extracción manual de las fibras o el uso de rocas y molinos como asistencia. Por lo general, se

emplean en materiales de textura suave, como el banano, o en fibras que ya están desprendidas, como las cortezas de coco (Rowell, 2008).

Dentro de los métodos biológicos, se emplea la generación de enzimas provenientes de diversos organismos, como bacterias, para descomponer la lignina que se encuentra unida a las fibras. Esta fase del proceso generalmente abarca un período de alrededor de 2 a 3 semanas (Rowell, 2008). En los métodos químicos, el objetivo radica en la separación de los tres elementos primordiales de la materia prima vegetal, es decir, la celulosa, la hemicelulosa y la lignina. En la práctica, estos métodos resultan eficaces para eliminar gran parte de la lignina, aunque también conllevan la degradación de cierta proporción de celulosa (Alvarez et al., 2008 pág. 151).

### ***2.2.19. Métodos de extracción mecánica***

#### *2.2.19.1. Método de extracción manual*

El proceso de extracción manual de fibras vegetales implica la recolección y preparación cuidadosa de la fuente vegetal seleccionada, seguida de la separación mecánica de las fibras y la limpieza manual para obtener un material fibroso de alta calidad (Bonilla et al., 2009 pág. 168).

#### *2.2.19.2. Extracción por enriado*

El método de enriado es una técnica de extracción que simula condiciones naturales de descomposición acuática para facilitar la separación de fibras de materiales vegetales (Bonilla et al., 2009 pág. 168).

#### *2.2.19.3. Método de extracción por descortezado*

El método de descortezado es una técnica eficiente de extracción de fibras que implica el uso de una descortezadora especializada. Diseñado para la extracción de fibras en cortezas, pero puede adaptarse a otras fuentes vegetales con características fibrosas (Bonilla et al., 2009 pág. 168).

## 2.2.20. Resinas

### 2.2.20.1. Resina RD-B 176

Es un compuesto utilizado principalmente para dar el acabado de flor lijada (DyesAndina, 2020, pág. 1).

**Tabla 2-9:** Ficha técnica Resina RD-B 176.

<b>RD-B 176</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Producto completo para acabados de pieles para tapicerías.</li><li>- Buena retención al grabado.</li><li>- Mantiene una apariencia extremadamente suave y natural.</li><li>- Buena resistencia a las pruebas físicas.</li></ul>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>	<b>Aspecto</b>	Líquido lechoso espeso
	<b>Contenido activo</b>	20%
	<b>pH</b>	7-8,5
	<b>Dureza del film</b>	Acuosa
<b>ALMACENAMIENTO</b>	El envase original puede almacenarse durante 12 meses cuando se mantiene fresco y seco. Proteger de las heladas y mantener a temperatura entre 5 a 30° C.	

Fuente: DyesAndina, 2020.

Realizado por: Angulo N., 2024.

### 2.2.20.2. Resina RD-U 3040

Es un tipo de poliuretano apto para el acabado polimérico de cuero de cualquier tipo, especialmente indicado para la grabación de seraje (DyesAndina, 2020, pág. 1).

**Tabla 2-10:** Ficha técnica Resina RD-U 3040.

<b>RD-U 3040</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Muy buena resistencia física, tacto y aspecto.</li><li>- No pegajoso.</li><li>- Muy buena incisión y retención del grabado.</li><li>- Muy buenas resistencias al frote húmedo/seco y a la flexión.</li><li>- Excelente tenacidad y elasticidad del film.</li></ul>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>	<b>Aspecto</b>	Líquido Blanquecino
	<b>Contenido activo</b>	37,5%
	<b>pH</b>	7-0,5
	<b>Dureza del film</b>	Medio duro
<b>ALMACENAMIENTO</b>	El envase original puede almacenarse durante 12 meses cuando se mantiene fresco y seco. Mantener la temperatura entre 5 a 35° C.	

Fuente: DyesAndina, 2020.

Realizado por: Angulo N., 2024.

### 2.2.20.3. Resina RD-A 1034

Es una emulsión acuosa de resina acrílica empleada como aglutinante universal para la capa base en diferentes tipos de acabados. Gracias a su combinación de suavidad y resistencia, es capaz de soportar operaciones de batanado prolongadas y conserva una memoria de grabado excepcional (DyesAndina, 2020, pág. 1).

**Tabla 2-11:** Ficha técnica Resina RD-A 1034. Resina Acrílica.

RD-A 1034		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Alto poder de sellado.</li><li>- Buena retención de grabado y baja pegajosidad.</li><li>- Muy resistente al talle cuando se graba a alta temperatura y presión.</li><li>- Excelente resistencia a los frotos (húmedo y seco).</li></ul>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>	<b>Aspecto</b>	Líquido blanco lechoso
	<b>Sólidos totales</b>	35
	<b>pH</b>	8
	<b>Carácter</b>	Aniónico
	<b>Peso específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1000
	<b>Dureza</b>	Medio duro
<b>ALMACENAMIENTO</b>	El envase original puede almacenarse durante al menos 12 meses cuando se mantiene fresco y seco. Mantener la temperatura entre 5 a 40° C.	

Fuente: DyesAndina, 2020.

Realizado por: Angulo N., 2024.

### 2.2.21. Norma NTE INEN-ISO 6938 (2012)

La norma establecida por el Servicio Ecuatoriano de Normalización para textiles de fibras naturales tiene como objetivo proporcionar nombres genéricos y definiciones de las fibras naturales más relevantes, teniendo en cuenta su constitución y origen específico. En esta normativa se establece que las fibras naturales son aquellas que provienen de la naturaleza, ya sea de animales, vegetales o minerales (Norma INEN-ISO 6938, 2012). Por lo tanto, las fibras vegetales son aquellas que se originan de la vegetación, y están incluidas:

- Fibras a partir de semillas
- Fibras de estopa: Obtenidas de hojas, aquellas constituidas principalmente de celulosa.
- Fibra de la hoja
- Fibras de fruta

### 2.2.22. NORMA IUP

**Tabla 2-12:** Normas IUP Métodos de ensayo físico sobre el cuero.

IUP	PROCEDIMIENTO
1	Observaciones generales.
2	Toma de muestras: Se puede realizar mediante pieles enteras o medias pieles, cuellos, crupones o flancos (faldas).
3	Acondicionamiento: Es necesario exponer los cueros a una temperatura de aproximadamente 20°C con una variación máxima de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , y mantener una humedad relativa del $65 \pm 2\%$ durante un período de 48 horas antes de llevar a cabo los ensayos físicos.
4	Medición del espesor: Aplicable a cueros de cualquier tipo, la medición está influenciada por variables como la presión y la duración del proceso de medición.
5	Determinación de la densidad aparente (peso específico): Procedimiento válido para todos los tipos de cuero que tienen un grosor que puede ser medido.
6	Determinación de la resistencia al desgarro y a la tracción: Pruebas aplicables a cueros de cualquier tipo, llevadas a cabo en una máquina de tracción para evaluar la resistencia y la elongación.
7	Determinación de la absorción de agua: El cuero es sumergido en agua y se registra el tiempo que tarda en absorberse, este método es aplicable a todos los tipos de cuero.
8	Determinación de la resistencia al desgarro (continuado): Comprueba la capacidad de resistencia al desgarro gradual posterior a realizar un corte en el cuero.
9	Determinación de la estirabilidad superficial y resistencia de la capa de flor: Análisis de la capacidad de estiramiento y resistencia de la capa superior del cuero mediante pruebas de ruptura, especialmente útiles en cueros destinados al empeine de calzado.
10	Ensayo dinámico de impermeabilidad del cuero para empeine: Evalúa la capacidad de paso y absorción de agua en el cuero mediante una prueba dinámica, adecuada para cueros destinados al empeine de calzado.
11	Ensayo dinámico de impermeabilidad del cuero para suela: Mide la impermeabilidad del cuero para suelas al evaluar el tiempo y la velocidad de penetración y absorción de agua.
12	Determinación de la resistencia a la rotura de flor: Se evalúa la resistencia al doblado de cueros pesados alrededor de un mandril en esta prueba específica, que solo se aplica a este tipo de cueros.

13	Determinación de la tensión bidimensional: Se utiliza un tensómetro para medir las alteraciones en la tensión superficial y del acabado en cueros de cualquier tipo en esta prueba, que es aplicable universalmente.
14	Determinación de la impermeabilidad del cuero para guantería: Esta prueba es válida para cueros de guantes de cualquier variante.
15	Determinación de la permeabilidad al vapor de agua: Esta prueba evalúa la capacidad de permeabilidad al vapor de agua del cuero y se puede aplicar a cualquier tipo de cuero.
16	Determinación de la temperatura de encogimiento: Esta prueba es relevante para todo tipo de cuero que exhiba una temperatura de contracción por debajo de los 100°C.
17	Evaluación de la capacidad de resistencia al calor del cuero de plantilla.
18	Medición de la capacidad de resistencia al calor del cuero utilizado para forrería.
19	Evaluación de la resistencia al calor del cuero utilizado en el empeine en estado seco.
20	Evaluación de la durabilidad del cuero ligero y su acabado superficial mediante pruebas de flexión continua.
21	Medición de la deformación superficial permanente del cuero utilizando un plastómetro.
22	Examinar los defectos superficiales del cuero utilizando una caja de observación.
23	Evaluación de los daños superficiales causados por impacto.
24	Contracción superficial al exponerse a agua caliente.

**Fuente:** IULTCS, 2001.

**Realizado por:** Angulo N., 2024.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Enfoque de investigación

El presente proyecto se orienta hacia la elaboración y evaluación de un sustituto de cuero mediante la utilización de la fibra extraída de la cáscara de coco. El enfoque central de esta investigación es de carácter experimental, con el objetivo de analizar y comparar las variables involucradas tanto en el proceso de elaboración de la fibra de la cáscara de coco como en la realización del sustituto de cuero resultante. Para ello, se llevarán a cabo una serie de experimentos controlados, recopilando datos cuantitativos que permitirán un análisis preciso de las características físicas, químicas y mecánicas de ambos materiales. El objetivo es resaltar diversos aspectos esenciales relacionados con la producción de cuero utilizando la fibra vegetal como la cáscara de coco. En este sentido, se pretende examinar tanto las propiedades intrínsecas de la fibra como determinar la proporción óptima entre la fibra y el aglutinante para lograr una formulación ideal de cuero.

Asimismo, esta investigación también incorpora un enfoque cualitativo que busca presentar una alternativa a los cueros tradicionales y dar una buena utilidad a los desechos orgánicos, como lo es la cáscara de coco. El objetivo es encontrar una solución que no solo evite la contaminación ambiental generada por los métodos de curtido convencionales, sino que también reduzca el impacto en los animales sacrificados. De esta manera, se busca abordar de manera integral tanto las implicaciones prácticas como las consideraciones éticas en la fabricación de cuero.

##### 3.1.1. *Enfoque Cuantitativo*

En este enfoque se desarrollará un enfoque cuantitativo, debido a que se realizará la caracterización de las propiedades físicas, químicas y mecánicas tanto de la fibra de coco como el cuero vegetal.

##### 3.1.2. *Enfoque Cualitativo*

En este enfoque se realizará el método cualitativo, puesto que se identificarán los parámetros adecuados para poder extraer la fibra con la cual se podrá desarrollar el sustituto de cuero.

### 3.2. Nivel de Investigación

Este trabajo de investigación se define como exploratoria y descriptiva, ya que busca a través de datos e información previa sobre los cueros elaborados a base de fibras naturales, describir las características tanto de la fibra natural, en este caso la fibra de la cáscara de coco y el sustituto de cuero. Comprendiendo así por medio del diseño experimental los efectos de las relaciones entre las variables.

### 3.3. Diseño de investigación

La estructura de esta investigación se sustenta en la convergencia de enfoques experimentales y descriptivos. Para este propósito, se implementa un diseño factorial experimental  $2^k$  con el fin de descubrir la formulación óptima para la producción de cuero a partir de la fibra proveniente de la cáscara del coco. El objetivo se centra en la validación o refutación de la hipótesis planteada inicialmente. A través de esta metodología, se logra un análisis exhaustivo de las variaciones en las características del cuero obtenido, con base en las distintas proporciones de las materias primas empleadas.

En el contexto de esta investigación, la variable independiente es la fibra de la cáscara de coco. Por otro lado, el poliuretano y el poliéster se consideran variables dependientes, dado que su comportamiento está influenciado por las variaciones en la proporción de fibra en las diferentes formulaciones. Como uno de los objetivos propuestos es realizar una caracterización mecánica a las distintas formulaciones del sustituto de cuero se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) para analizar los resultados de los diferentes ensayos de resistencia a la tensión, porcentaje de elongación y lastometría. Para realizar las formulaciones se tomó en consideración tres factores.

**Factor A:** % masa de fibra de poliéster.

**Factor B:** % masa de fibra de cáscara de coco.

**Tabla 3-13:** Niveles del factor A.

Factor A	
A <sub>1</sub>	50%
A <sub>2</sub>	70%
A <sub>3</sub>	30%

Realizado por: Angulo N., 2024.



**Tabla 3-14:** Niveles del factor B.

Factor B	
B <sub>1</sub>	50%
B <sub>2</sub>	30%
B <sub>3</sub>	70%

Realizado por: Angulo N., 2024.

Se presenta a continuación los tratamientos para la elaboración del sustituto de cuero.

**Tabla 3-15:** Tabla de tratamientos.

Tratamientos		Porcentaje de fibra de cáscara de coco (%)	Porcentaje de fibra de poliéster (%)
T1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	50	50
T2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	70	30
T3	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	30	70

Realizado por: Angulo N., 2024.

### 3.3.1. Identificación de variables

#### 3.3.1.1. Variable Dependiente

El proceso consta de dos etapas:

- Extracción de Fibra de coco (*Cocos nucifera*)  
Variable dependiente: Fibra de coco
- Sustituto de cuero  
Variable dependiente: Sustituto de cuero

#### 3.3.1.2. Variable Independiente

Distintas combinaciones las variables independientes ayudaran a determinar si la fibra de coco extraída es óptima para la elaboración del sustituto y si el sustituto de cuero obtenido tendrá buenas características para que pueda reemplazar al cuero animal.

#### Fibra de coco

- Tiempo (min)
- Concentración (%p/v)

#### Sustituto de cuero

- Porcentaje fibra de coco (%)
- Porcentaje poliéster (%)

### 3.4. Tipo de estudio

En el marco de esta investigación, se utilizará un enfoque de estudio documental. Esta decisión se justifica debido a que se examinarán diferentes formulaciones de la fibra de la cáscara del coco mediante un proceso de análisis, con el objetivo de evaluar si los parámetros cumplen con las normas establecidas para el cuero de origen animal. Estos resultados serán de gran importancia como punto de partida para futuras investigaciones y podrán servir como base sólida para la concepción de estudios posteriores que aborden el uso de fibras en la producción de alternativas al cuero convencional.

### 3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

#### 3.5.1. Población de estudio

Debido a que el coco es una planta tropical que se haya en su mayoría en provincias costeras como Esmeraldas, Manabí, El Oro, etc. Se decidió recolectar la cáscara de coco de las principales peladoras de la ciudad de Manta, Provincia de Manabí.

#### 3.5.2. Tamaño de la muestra



**Ilustración 3-11:** Cáscara de coco (*Cocos nucifera*)

Realizado por: Angulo N., 2024.

Se usaron 15 cocos partidos a la mitad y secos, haciendo fácil la extracción de la fibra dentro de ellas y de esta forma poder llevar a cabo la parte experimental.

### 3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

#### 3.6.1. Técnica

##### 3.6.1.1. Proceso de obtención de la fibra

**Tabla 3-16:** Proceso de obtención de la fibra de la cáscara de coco.

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
- Vaso de precipitación 600ml - Varilla de vidrio - Reverbero - Estufa	- Cáscara de coco - Hidróxido de sodio - Agua destilada - Peróxido de Hidrogeno
<b>Procedimiento</b>	
- Procesar la cáscara del coco mediante desfibración. - Aislar ciertos componentes de las fibras resultantes. - Remojar las fibras durante 48h - Sumergir en una solución de hidróxido de sodio a temperatura de ebullición durante 15 min. - Enjuagar minuciosamente y verificar la ausencia de residuos de celulosa. - Blanquear.	

Realizado por: Angulo N., 2024.

##### 3.6.1.2. Cálculos de extracción en solución de hidróxido

#### NaOH al 1% m/v en 300 mL

##### Datos:

$$\rho_{H_2O} = 1,0 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{NaOH} = 2,13 \text{ g/cm}^3$$

$$V_{Solución} = 300 \text{ cm}^3$$

$$C_{NaOH} = \frac{\frac{m_{NaOH}}{\rho_{NaOH}}}{\frac{m_{NaOH}}{\rho_{NaOH}} + \frac{1 - m_{NaOH}}{\rho_{H_2O}}}$$
$$C_{NaOH} = \frac{\frac{0,01}{2,13 \text{ g/cm}^3}}{\frac{0,01}{2,13 \text{ g/cm}^3} + \frac{1 - 0,01}{1,0 \text{ g/cm}^3}}$$

$$C_{NaOH} = 4,7198 \times 10^{-3}$$

- **Masa de Hidróxido de Sodio al 3%**

$$V_{NaOH} = 4,7198 \times 10^{-3} \times 300 \text{ cm}^3$$

$$V_{NaOH} = 1,416 \text{ cm}^3$$

$$m_{NaOH} = V_{NaOH} \times \rho_{NaOH}$$

$$m_{NaOH} = 1,416 \text{ cm}^3 \times 2,13 \text{ g/cm}^3$$

$$m_{NaOH} = 3,016 \text{ g}$$

- **Volumen de Agua**

$$V_{H_2O} = (1 - 4,7198 \times 10^{-3}) \times 300 \text{ cm}^3$$

$$V_{H_2O} = 298,584 \text{ cm}^3 = 298,584 \text{ g}$$

- **Masa de la fibra de coco a utilizar a razón de 1:35**

$$mf = m_{\text{Solución}} \times \frac{\text{gfibra}}{\text{gSolución}}$$

$$m_{\text{Solución}} = m_{NaOH} + m_{H_2O}$$

$$m_{\text{Solución}} = 3,016 \text{ g} + 298,584 \text{ g}$$

$$m_{\text{Solución}} = 301,6 \text{ g}$$

$$mf = 301,6 \text{ g} \times \frac{1 \text{ gfibra}}{35 \text{ gSolución}}$$

$$mf = 8,617 \text{ gfibra}$$

**NaOH al 3% m/v en 300 ml**

**Datos:**

$$\rho_{H_2O} = 1,0 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{NaOH} = 2,13 \text{ g/cm}^3$$

$$V_{\text{Solución}} = 300 \text{ cm}^3$$

- **Concentración en porcentaje peso/volumen:**

$$C_{NaOH} = \frac{\frac{m_{NaOH}}{\rho_{NaOH}}}{\frac{m_{NaOH}}{\rho_{NaOH}} + \frac{1 - m_{NaOH}}{\rho_{H_2O}}}$$

$$C_{NaOH} = \frac{\frac{0,03}{2,13 \text{ g/cm}^3}}{\frac{0,03}{2,13 \text{ g/cm}^3} + \frac{1 - 0,03}{1,0 \text{ g/cm}^3}}$$

$$C_{NaOH} = \mathbf{0,014}$$

- **Masa de Hidróxido de Sodio al 3%**

$$V_{NaOH} = 0,014 \times 300 \text{ cm}^3$$

$$V_{NaOH} = \mathbf{4,2 \text{ cm}^3}$$

$$m_{NaOH} = V_{NaOH} \times \rho_{NaOH}$$

$$m_{NaOH} = 4,2 \text{ cm}^3 \times 2,13 \text{ g/cm}^3$$

$$m_{NaOH} = \mathbf{8,946 \text{ g}}$$

- **Volumen de Agua**

$$V_{H_2O} = (1 - 0,014) \times 300 \text{ cm}^3$$

$$V_{H_2O} = 295,8 \text{ cm}^3 = 295,8 \text{ g}$$

- **Masa de la fibra de coco a utilizar a razón de 1:35**

$$mf = m_{\text{Solución}} \times \frac{1 \text{ g fibra}}{35 \text{ g Solución}}$$

$$m_{\text{Solución}} = m_{NaOH} + m_{H_2O}$$

$$m_{\text{Solución}} = 8,946 \text{ g} + 295,8 \text{ g}$$

$$m_{\text{Solución}} = \mathbf{304,756 \text{ g}}$$

$$mf = 304,756 \text{ g} \times \frac{1 \text{ g fibra}}{35 \text{ g Solución}}$$

$$mf = \mathbf{8.707 \text{ g fibra}}$$

**NaOH al 5% m/v en 300 ml**

**Datos:**

$$\rho_{H_2O} = 1,0 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{NaOH} = 2,13 \text{ g/cm}^3$$

$$V_{\text{Solución}} = 300 \text{ cm}^3$$

- **Concentración en porcentaje peso/volumen:**

$$C_{NaOH} = \frac{\frac{mNaOH}{\rho NaOH}}{\frac{mNaOH}{\rho NaOH} + \frac{1 - mNaOH}{\rho H_2O}}$$

$$C_{NaOH} = \frac{\frac{0,05}{2,13 \text{ g/cm}^3}}{\frac{0,05}{2,13 \text{ g/cm}^3} + \frac{1 - 0,05}{1,0 \text{ g/cm}^3}}$$

$$C_{NaOH} = \mathbf{0,0241}$$

- **Masa de Hidróxido de Sodio al 5%**

$$V_{NaOH} = 0,0241 \times 300 \text{ cm}^3$$

$$V_{NaOH} = \mathbf{7,23 \text{ cm}^3}$$

$$m_{NaOH} = V_{NaOH} \times \rho_{NaOH}$$

$$m_{NaOH} = 7,23 \text{ cm}^3 \times 2,13 \text{ g/cm}^3$$

$$m_{NaOH} = \mathbf{15,399 \text{ g}}$$

- **Volumen de Agua**

$$V_{H_2O} = (1 - 0,0241) \times 300 \text{ cm}^3$$

$$V_{H_2O} = \mathbf{292,7 \text{ cm}^3 = 292,7 \text{ g}}$$

- **Masa de la fibra de coco a utilizar a razón de 1:35**

$$mf = m_{\text{Solución}} \times \frac{g_{\text{fibra}}}{g_{\text{Solución}}}$$

$$m_{\text{Solución}} = m_{NaOH} + m_{H_2O}$$

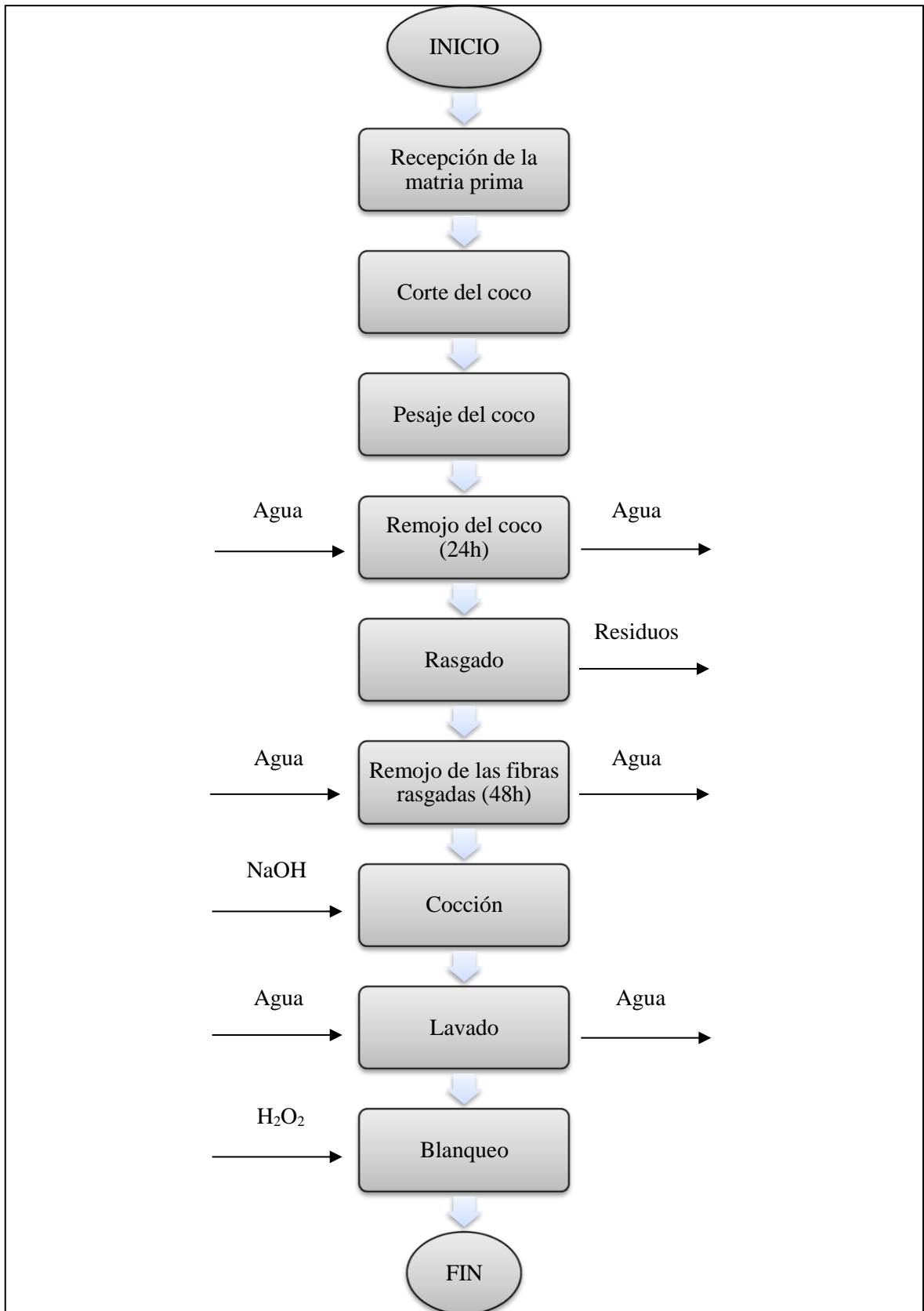
$$m_{\text{Solución}} = 15,399 \text{ g} + 292,7 \text{ g}$$

$$m_{\text{Solución}} = \mathbf{308,099 \text{ g}}$$

$$mf = 308,099 \text{ g} \times \frac{1 g_{\text{fibra}}}{35 g_{\text{Solución}}}$$

$$mf = \mathbf{8.803 \text{ g fibra}}$$

### 3.6.1.3. Diagrama de Bloques del Proceso



**Ilustración 3-12:** Proceso de obtención de la fibra de coco

Realizado por: Angulo N., 2024.

### 3.6.1.4. Caracterización fisicoquímica de la fibra de la cáscara de coco

**Tabla 3-17:** Espectrofotometría de Infrarrojos de la fibra de la cáscara de coco.

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrofotómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibra de la cáscara de coco</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar la muestra</li> <li>- Agrupar y pesar una cantidad significativa de fibra. Aproximadamente 3 gramos.</li> <li>- Ingresar la muestra al espectrofotómetro</li> <li>- Registrar y guardar resultados.</li> </ul>	

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 3-18:** Prueba de humedad de la fibra de la cáscara de coco.

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tijeras</li> <li>- Termobalanzas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibra de la cáscara de coco</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortar las fibras en partes iguales, aproximadamente 1cm de longitud.</li> <li>- Tomar muestra de 1 gramos de fibra, se coloca en el plato de la termobalanza y se introduce en el dispositivo.</li> <li>- Luego de cerrar la tapa, se aguarda un tiempo y se registra el % humedad.</li> </ul>	

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 3-19:** Prueba de Cenizas de la fibra de la cáscara de coco.

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Pinzas para crisol</li> <li>- Desecador</li> <li>- Crisoles</li> <li>- Mufla</li> <li>- Guantes térmicos</li> <li>- Espátula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibra de la cáscara de coco</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llevar los crisoles a la mufla durante 30min, para luego enfiar en el desecador y tarar los crisoles a emplear en el proceso. Repetir hasta no observar cambios en el peso de los crisoles.</li> <li>- Pesar 1 gramos de fibra en crisoles limpios y calibrados.</li> <li>- Luego, los crisoles con la muestra se exponen al calor utilizando el reverbero para carbonizarla.</li> <li>- Llevar la muestra carbonizada a incineración mediante una mufla a temperaturas entre 300 y 400 °C durante 24 horas.</li> <li>- Una vez concluida la incineración, los crisoles se enfrían en un desecador hasta alcanzar un peso constante.</li> <li>- Finalmente, se registra el peso de los crisoles con las cenizas y se realiza el cálculo para expresar el resultado en porcentaje.</li> </ul> $\% \text{ de cenizas} = \frac{\text{peso de cenizas}}{\text{peso de muestra}} * 100$	

Realizado por: Angulo N., 2024.



### 3.6.1.5. Caracterización de propiedades mecánicas de la fibra de cáscara de coco

**Tabla 3-20:** Prueba Lastometría de la fibra de la cáscara de coco.

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
- (Lastómetro) Prototipo para prueba de Lastometría	- Fibra de la cáscara de coco.
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hilvanar la fibra de la cáscara de coco.</li> <li>- Tejer en forma circular sin dejar huecos.</li> <li>- Situar el tejido en las mordazas del lastómetro.</li> <li>- Observar y medir el tiempo.</li> <li>- Para terminar, registrar los resultados obtenidos.</li> </ul>	
$\text{Lastometría} = 15,848X^5 - 229,24X^4 + 1313,4X^3 - 3724,8X^2 + 5229,5X - 2901,5$	

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 3-21:** Prueba de Elongación y Tensión de la fibra de la cáscara de coco.

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
- Prototipo para prueba de elongación y tensión	- Fibra de la cáscara de coco
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trenzar la fibra de la cáscara de coco.</li> <li>- Realizar nudos en los dos extremos de la trenza, manteniendo una separación constante de 7 cm entre ellos.</li> <li>- Separar las muestras utilizando tijeras.</li> <li>- Ubicar las muestras (7cm) en las mordazas del prototipo.</li> <li>- Observar y anotar resultados.</li> </ul>	

Realizado por: Angulo N., 2024.

### 3.6.1.6. Proceso de obtención del sustituto del cuero

**Tabla 3-22:** Proceso de obtención del sustituto del cuero.

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espátula</li> <li>- Estufa</li> <li>- Vaso de precipitación</li> <li>- Plancha de vidrio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibra de la cáscara de coco</li> <li>- Poliéster</li> <li>- Mezcla de resinas RD-A 1034 y RD-U 3040</li> <li>- Compacto RD-B 176</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesar la cantidad requerida de fibra y poliéster para cada formulación, de acuerdo con el análisis experimental-factorial realizado.</li> <li>- Colocar sobre la plancha de vidrio las muestras pesadas tanto poliéster, como la fibra de coco.</li> <li>- Humedecer las muestras utilizando la mezcla de resinas RD-B 176 y RD-U 3040 al 60/40% respectivamente.</li> <li>- Dejar secar en el sol durante 24h, para luego separar las muestras de la plancha de vidrio utilizada.</li> </ul>	

Realizado por: Angulo N., 2024.

### 3.6.1.7. Caracterización fisicoquímica del sustituto de cuero

**Tabla 3-23:** Prueba de Humedad del sustituto de cuero.

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tijeras</li> <li>- Termobalanzas</li> <li>- Espátula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituto de cuero</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortar y pesar una muestra de aproximadamente 1,5g del sustituto</li> <li>- Colocarla en el plato de la termobalanza e introducirla en el dispositivo.</li> <li>- Por último, cerrar la tapa superior, se aguarda el tiempo necesario y se registra la medición de humedad dada en porcentajes.</li> </ul>	

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 3-24:** Determinación de Cenizas del sustituto de cuero.

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Pinzas para crisol</li> <li>- Desecador</li> <li>- Crisoles</li> <li>- Mufla</li> <li>- Guantes térmicos</li> <li>- Espátula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituto de cuero</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llevar los crisoles a la mufla durante 30min, para luego enfriar en el desecador y tarar los crisoles a emplear en el proceso. Repetir hasta no observar cambios en el peso de los crisoles.</li> <li>- Pesar 1,5 gramos de sustituto de cuero en crisoles limpios y calibrados.</li> <li>- Luego, los crisoles con la muestra se exponen al calor utilizando el reverbero para carbonizarla.</li> <li>- Llevar la muestra carbonizada a incineración mediante una mufla a temperaturas entre 500 y 600 °C durante 24 horas.</li> <li>- Una vez concluida la incineración, los crisoles se enfrían en un desecador hasta alcanzar un peso constante.</li> <li>- Finalmente, se registra el peso de los crisoles con las cenizas y se realiza el cálculo para expresar el resultado en porcentaje.</li> </ul> $\% \text{ de cenizas} = \frac{\text{peso de cenizas}}{\text{peso de muestra}} * 100$	

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 3-25:** Prueba de Espesor del sustituto de cuero.

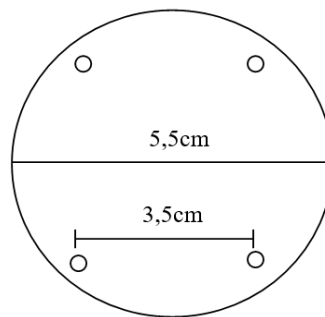
<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calibrador digital</li> <li>- Láminas del cuero sustituto</li> <li>- Cúter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituto de cuero</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar el calibrador digital para medir las distancias entre los dos puntos de contacto de medición. Este instrumento proporciona mediciones directas y está compuesto por un cuerpo con un tope fijo y otro móvil equipado con una regleta micrométrica.</li> <li>- Por último, registrar los resultados obtenidos.</li> </ul>	

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 3-26:** Prueba de Lastometría del sustituto de cuero.

Materiales y Equipos	Reactivos
- (Lastómetro) Prototipo para prueba de Lastometría	- Fibra de la cáscara
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recortar en forma circular y perforar el sustituto de cuero como se muestra en la Ilustración 3-2.</li> <li>- Fijar el sustituto de cuero en las mordazas del prototipo (Lastómetro).</li> <li>- Llevar a cabo la observación y medición del tiempo.</li> <li>- Finalmente registrar los resultados obtenidos.</li> </ul>	
$\text{Lastometría} = 15,848X^5 - 229,24X^4 + 1313,4X^3 - 3724,8X^2 + 5229,5X - 2901,5$	

Realizado por: Angulo N., 2024.



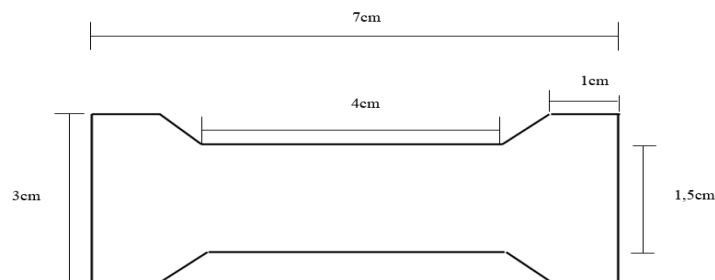
**Ilustración 3-13:** Modelo de la muestra para la prueba de lastometría

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 3-27:** Prueba de Elongación y Tensión del sustituto de cuero.

Materiales y Equipos	Reactivos
- Prototipo para prueba de elongación y tensión.	- Cuero sustituido
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortar las muestras hasta alcanzar las dimensiones requeridas como se muestra en la Ilustración 3-3.</li> <li>- Posicionar las muestras entre las dos mordazas del prototipo.</li> <li>- Registrar la observación del momento de fractura.</li> <li>- Registrar los resultados obtenidos.</li> </ul>	

Realizado por: Angulo N., 2024.



**Ilustración 3-14:** Modelo de la muestra para la prueba de tensión y elongación

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 3-28:** Prueba de biodegradabilidad del sustituto de cuero.

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tijeras</li> <li>- Balanzas</li> <li>- Espátula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituto de cuero</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortar y pesar tres muestras de sustituto de aproximadamente 3g cada una.</li> <li>- Preparar tres condiciones tanto tierra, agua y aire, para evaluar la degradación del sustituto.</li> <li>- Colocar cada muestra pesada en las distintas condiciones y dejar durante un tiempo de 1mes.</li> <li>- Transcurrido el tiempo determinado, pesar las mientras y analizar la degradación de cada muestra en cada condición.</li> </ul>	

**Realizado por:** Angulo N., 2024.

### 3.6.1.8. *Análisis estadístico ANOVA*

El análisis estadístico ANOVA es el método que se emplea para la discriminación de datos a partir de la comparación de medias obtenidas en la experimentación.

**Tabla 3-29:** Análisis estadístico ANOVA.

<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>	<b>REACTIVOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laptop</li> <li>- Software (Minitab)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Datos obtenidos de las pruebas mecánicas.</li> </ul>
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de las hipótesis.</li> <li>- Recopilación e ingreso de datos resultantes de la caracterización mecánica (Lastometría, tensión y elongación) tanto de la fibra como del sustituto de cuero.</li> <li>- Confirmación de las premisas para calcular la variabilidad de los datos.</li> <li>- Ejecución del ANOVA y análisis comparativo utilizando el método de Tukey.</li> <li>- Evaluación de los resultados obtenidos del ANOVA para corroborar la validez de los datos utilizados y las hipótesis planteadas.</li> </ul>	

**Realizado por:** Angulo N., 2024.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Datos obtenidos de los ensayos de la cáscara de coco

En la tabla 4-30, se presenta el análisis macro-morfológico después de realizar el lavado y el corte de la cáscara de coco por la mitad. En este proceso, se llevó a cabo una caracterización detallada de la cáscara, considerando aspectos como su peso, longitud y anchura. Las mediciones realizadas permitieron obtener los promedios correspondientes a la materia prima utilizada en la extracción de las fibras. Los resultados revelaron promedios de 30 gramos, 15 centímetros de longitud y 10 centímetros de ancho para la cáscara. Estos valores representan de manera significativa el peso y las dimensiones características de la cáscara, aspectos fundamentales para el posterior proceso de extracción de fibras.

**Tabla 4-30:** Análisis macro-morfológico de la cáscara de coco.

CÁSCARA DE COCO			
No. de Cáscaras (cm)	PESO (g)	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)
1	64,62	16	17
2	59,28	17	15
3	63,53	20	17
4	70,15	18	15
5	69,29	17	16
Promedio	65,374	19	16

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 4-31:** Caracterización organoléptica de la cáscara de coco.

No	PARÁMETRO	CÁSCARA DE COCO
1	Olor	Agradable y dulce.
2	Sabor	Fuerte y amargo
3	Color interno	Café oscuro
4	Color externo	Café claro
5	Textura Interna	Dura y fibrosa
6	Textura externa	Lisa
7	Brillo	Mate/opaco

Realizado por: Angulo N., 2024.

En la Tabla 4-31, se detallan los diversos parámetros vinculados con la caracterización organoléptica. Con el fin de llevar a cabo un análisis preciso, se extrajeron pequeñas muestras de la cáscara, considerando rigurosamente el uso de equipo de protección personal. Asimismo, para

evaluar el sabor, se procedió con extrema precaución, evitando la ingestión de la cáscara para prevenir posibles efectos adversos en el organismo ante la presencia de agentes externos.

#### 4.1.2. *Caracterización Organoléptica de la fibra de la cáscara de coco*

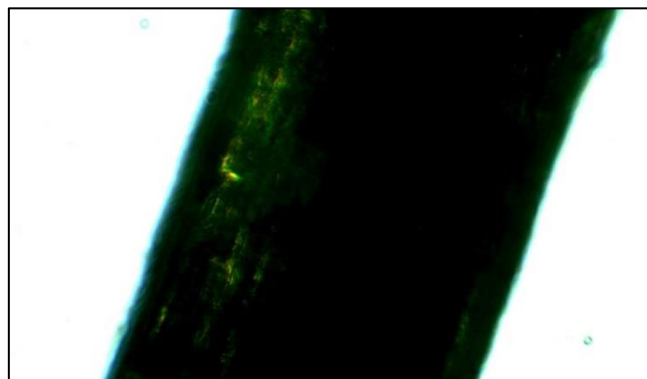
Luego de haber caracterizado la cáscara de coco y extraído pequeñas muestras de su fibra, se procedió a caracterizar organolépticamente. Donde los distintos datos obtenidos referentes a cada parámetro se expresan en la Tabla 4-32.

**Tabla 4-32:** Caracterización organoléptica de la fibra de la cáscara de coco.

No	PARÁMETRO	FIBRA DE COCO
1	Olor	Suave y terroso.
2	Sabor	Sin sabor característico.
3	Color	Café claro/oscuro
4	Textura	Dura y fibrosa
5	Brillo	Opaco/Sin brillo

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.1.3. *Caracterización morfológica de la fibra de coco*



**Ilustración 4-15:** Microscopía de la fibra de coco

Realizado por: Angulo N., 2024.

En la Ilustración 4-15 se observa la microscopía realizada en la fibra de coco. Se puede apreciar que la luz que incide sobre esta no atraviesa la fibra, lo que dificulta una comparación detallada de su estructura. No obstante, se puede observar que las paredes de la fibra se encuentran en buen estado, relativamente lisas y con poca porosidad. Esta característica garantiza una mayor durabilidad y mejores propiedades mecánicas de la fibra, lo que la hace más resistente y, por lo tanto, de mejor calidad para su uso en la elaboración de nuestro sustituto.

#### 4.1.4. Rendimiento de obtención de la fibra de la cáscara de coco

La Tabla 4-33 detalla las concentraciones y formulaciones de Hidróxido de Sodio a las que fue sometida la fibra de coco para su correcta y óptima extracción, para posteriormente evaluar mediante análisis estadístico cual tuvo mejor rendimiento.

**Tabla 4-33:** Variables empleadas para la obtención de las fibras de la cáscara de coco.

No	VARIABLES	
	Concentración NaOH (%p/v)	Tiempo de cocción (min)
T1	1	10
T2	1	15
T3	1	20
T4	3	10
T5	3	15
T6	3	20
T7	5	10
T8	5	15
T9	5	20

Realizado por: Angulo N., 2024.

**Tabla 4-34:** Resultados de rendimiento de la obtención de la fibra de la cáscara de coco.

Tratamiento	Tiempo (min)	Concentración NaOH	Materia Prima	Fibra Extraída	Rendimiento (%)	Promedio (%)
T1R1	10	1	23,13	3,475	15,02377864	14,77
T1R2			20,83	3	14,39270283	
T1R3			27,56	4,103	14,88751814	
T2R1	15		33,2	4,823	14,52710843	15,57
T2R2			28,36	4,1	14,45698166	
T2R3			27,92	4,952	17,73638968	
T3R1	20		14,28	2,632	18,43137255	14,62
T3R2			19,76	1,972	9,979757085	
T3R3			18,42	2,843	15,43431053	
T4R1	10	3	26,62	5,5672	20,9135988	20,46
T4R2			24,19	4,869	20,12815213	
T4R3			28,29	5,752	20,33227289	
T5R1	15		37,84	7,554	19,96300211	20,14
T5R2			35,32	6,599	18,68346546	
T5R3			36,73	7,994	21,76422543	
T6R1	20		27,62	5,754	20,83272991	21,69
T6R2			25,02	4,612	18,4332534	
T6R3			26,84	6,924	25,79731744	
T7R1	10	5	19,73	6,644	33,6746072	30,66
T7R2			18,42	5,753	31,23235613	
T7R3			15,96	4,321	27,07393484	
T8R1	15		21,21	6,729	31,72560113	32,15
T8R2			24,91	7,512	30,15656363	
T8R3			22,88	7,912	34,58041958	
T9R1	20		31,14	8,571	27,52408478	28,697
T9R2			34,52	10,231	29,63789108	
T9R3			33,61	9,723	28,92889021	

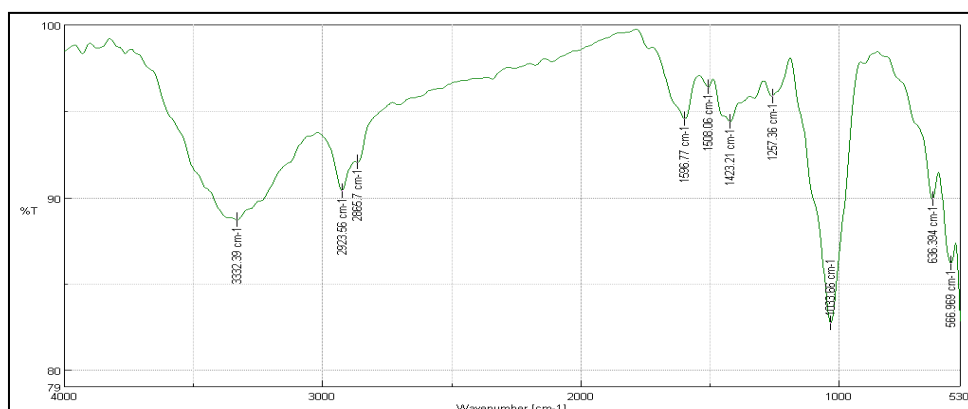
Realizado por: Angulo N., 2024.

Como se puede observar en la Tabla 4-34, la extracción de la fibra de coco se llevó a cabo en tres concentraciones de NaOH, como se explicó anteriormente: 1%, 3% y 5%. La fibra fue sometida a cocción en soluciones de NaOH durante diferentes períodos de tiempo: 10, 15 y 20 minutos, lo que resultó en nueve tratamientos distintos para la extracción. Según los cálculos obtenidos, realizando el procedimiento en tres repeticiones por tratamiento, se pudieron obtener los rendimientos promedio de cada tratamiento. Los rendimientos fueron los siguientes: T1 tuvo un rendimiento de 14,77%, T2=15,57%, T3=14,62%, T4=20,46%, T5=20,14%, T6=21,69%, T7=30,66%, T8=32,15% y T9=28,697%.

#### 4.1.5. Resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la fibra

##### 4.1.5.1. Espectrofotometría de Infrarrojos de la fibra de coco

Como se puede identificar en la Tabla 4-35, se registran las vibraciones resultantes de los espectros observados en la espectrofotometría de infrarrojos, de las cuales estas nos ayudan a indicar a que grupos funcionales pertenecen haciendo la respectiva comparación bibliográfica. El primer pico de absorción registrado en la fibra de coco fue de 3332.39  $\text{cm}^{-1}$ , lo cual corresponde a la vibración de deformación axial del enlace OH, característico de los polisacáridos presentes en las fibras de coco. Este resultado indica la presencia de celulosa, hemicelulosa y lignina en la fibra, lo que contribuye a su resistencia a propiedades como la tracción y la flexión. Además, se observaron picos significativos a 1033.66  $\text{cm}^{-1}$ , relacionados con los enlaces C-O de la molécula de celulosa, y a 1508.06  $\text{cm}^{-1}$ , atribuidos a los enlaces C=C de la molécula de lignina (Hernández et al., 2018 pág.1).



**Ilustración 4-16:** Espectros fibra de coco (*Cocos nucifera*)

**Realizado por:** Angulo N., 2024.



**Tabla 4-35:** Resultados de espectrofotometría de infrarrojos de la fibra de coco.

Wavenumber [cm-1]	%T
3332.39	88.6879
2923.56	90.3698
2865.7	92.0311
1596.77	94.5611
1508.06	96.3844
1423.21	94.3876
1257.36	95.8706
1033.66	82.7023
636.394	89.8807
566.969	86.1695

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.1.5.2. Análisis de humedad

La Tabla 4-36 proporciona un desglose detallado de los contenidos de humedad obtenidos en cada tratamiento y repetición mediante el uso de una termobalanza ubicada en el laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

El proceso de obtención de los contenidos de humedad implicó la pesada de aproximadamente 1 gramo de fibra por tratamiento, seguido por el recorte de las muestras a longitudes de 1 cm para facilitar su manipulación. Estas muestras fueron luego colocadas en la termobalanza, donde se mantuvieron a una temperatura de 90°C durante el tiempo correspondiente al proceso de secado. Finalmente, se observó y registró los contenidos de humedad de cada muestra, expresados en porcentajes. Este procedimiento se llevó a cabo meticulosamente para garantizar la precisión de los resultados obtenidos. De esta forma podemos observar que el mejor tratamiento en base a este análisis es el T4, que nos resulta un promedio de 5,97% de humedad en la fibra.

**Tabla 4-36:** Resultados de contenido de humedad en la fibra de coco.

Nº Ensayo	Nº Muestra	Peso de la muestra (g)	% de humedad	Promedio de % de Humedad
1	T1R1	0,951	6,71	6,512
2	T1R2	1,012	6,371	
3	T1R3	1,003	6,455	
4	T2R1	1,098	8,283	7,816
5	T2R2	1,11	7,312	
6	T2R3	1,032	7,853	
7	T3R1	0,991	6,24	6,64
8	T3R2	1,02	6,995	
9	T3R3	1,004	6,687	
10	T4R1	0,981	4,566	5,97
11	T4R2	1,001	7,340	
12	T4R3	1,017	5,998	
13	T5R1	1,082	6,643	6,89
14	T5R2	1,099	7,013	
15	T5R3	1,008	7,002	
16	T6R1	1,028	9,135	8,296
17	T6R2	1,17	7,001	
18	T6R3	1,011	8,751	
19	T7R1	1,025	7,964	8,38
20	T7R2	1,011	8,84	
21	T7R3	1,002	8,322	
22	T8R1	1,14	6,039	6,77
23	T8R2	1,002	7,345	
24	T8R3	1,005	6,934	
25	T9R1	1,081	7,038	7,024
26	T9R2	1,22	6,993	
27	T9R3	1,022	7,041	

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.1.5.3. Contenido de cenizas

Para determinar el contenido de cenizas, primero se tararon los crisoles buscando eliminar la humedad en ellos y así aumentar la precisión de los resultados, se pesaron las muestras para luego carbonizarlas e incinerarlas utilizando la mufla. La Tabla 4-37 detalla el cálculo de contenido de cenizas dado en porcentajes como cada muestra analizada, donde se pudo observar que la fibra de la cáscara de coco tiene alto contenido de cenizas comparados con otras fibras naturales. En este análisis se evidencio que el tratamiento con mayor contenido de cenizas fue el T8, dándonos un promedio de 4,77% en base a la cantidad de fibra sometida en este proceso. Siendo este el porcentaje más bajo.

**Tabla 4-37:** Resultados de contenido de cenizas en la fibra de coco.

Nº Ensayo	Nº Muestra	Fibra (g)	Cenizas (g)	% de Ceniza	Promedio (%)
28	T1R1	0,951	0,075	7,886435331	6,14
29	T1R2	1,012	0,042	4,150197628	
30	T1R3	1,003	0,064	6,380857428	
31	T2R1	1,098	0,045	4,098360656	5,62
32	T2R2	1,11	0,082	7,387387387	
33	T2R3	1,021	0,055	5,386875612	
34	T3R1	0,991	0,061	6,155398587	6,23
35	T3R2	1,02	0,065	6,37254902	
36	T3R3	1,004	0,062	6,175298805	
37	T4R1	0,981	0,05	5,096839959	5,72
38	T4R2	1,001	0,062	6,193806194	
39	T4R3	1,005	0,059	5,870646766	
40	T5R1	1,082	0,084	7,763401109	7,31
41	T5R2	1,099	0,073	6,642402184	
42	T5R3	1,024	0,077	7,51953125	
43	T6R1	1,028	0,038	3,696498054	5,74
44	T6R2	1,17	0,083	7,094017094	
45	T6R3	1,011	0,065	6,429277943	
46	T7R1	1,025	0,049	4,780487805	5,34
47	T7R2	1,011	0,059	5,835806133	
48	T7R3	1,016	0,055	5,413385827	
49	T8R1	1,14	0,046	4,035087719	4,77
50	T8R2	1,002	0,055	5,489021956	
51	T8R3	1,022	0,049	4,794520548	
52	T9R1	1,081	0,057	5,272895467	6,27
53	T9R2	1,22	0,086	7,049180328	
54	T9R3	1,004	0,065	6,474103586	

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.1.6. Resultados de la caracterización mecánica de la fibra de la cáscara de coco

Las pruebas correspondientes para caracterizar la fibra mecánicamente (Lastometría, tensión y elongación) se llevaron a cabo en el Laboratorio de Fibras de la Facultad de Ciencias Pecuarias, ESPOCH.

##### 4.1.6.1. Lastometría

La tabla 4-38 refleja los resultados obtenidos de la prueba de lastometría en la fibra de coco, donde se detallan parámetros como tiempo y presión, para su posterior cálculo obteniendo resultados muy parecidos.

**Tabla 4-38:** Resultados de Lastometría en la fibra de coco.

Nº Ensayo	Nº Muestra	Tiempo (s)	PSI	BAR	Lastometría (mm)
55	T1R1	1,54	30	2	10,05
56	T1R2	1,35	30	2	10,05
57	T2R1	1,52	35	2,2	10,07
58	T2R2	1,87	25	1,7	9,87
59	T3R1	1,69	25	1,7	9,87
60	T3R2	1,93	31	1,8	9,96
61	T4R1	1,45	30	2	10,05
62	T4R2	1,53	35	2,2	10,07
63	T5R1	1,39	30	2	10,05
64	T5R2	1,69	31	1,8	9,96
65	T6R1	1,72	25	1,7	9,87
66	T6R2	1,62	35	2,2	10,07
67	T7R1	1,47	30	2	10,05
68	T7R2	1,59	25	1,7	9,87
69	T8R1	1,89	30	2	10,05
70	T8R2	1,45	35	2,2	10,07
71	T9R1	1,33	30	2	10,05
72	T9R2	1,89	25	1,7	9,87

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.1.6.2. Tensión y elongación de la fibra de la cáscara de coco

En la tabla 4-39 se registran los resultados obtenidos de la prueba de tensión, donde se realizaron 3 repeticiones por tratamiento para poder promediar los valores obtenidos y obtener resultados más precisos. Como se puede observar, según la prueba realizada, el tratamiento con el mejor resultado es el T8, que obtuvo un promedio de tensión de 96,62 MPa.

**Tabla 4-39:** Resultados de tensión de la fibra de la cáscara de coco.

Nº Ensayo	Nº Muestra	Fuerza (N)	Área (cm <sup>2</sup> )			Tensión (N/m <sup>2</sup> )	Promedio de tensión (MPa)
			Ancho (m)	Calibre (m)	Área (m <sup>2</sup> )		
73	T1R1	71,2	0,002	0,0007	0,0000014	50857142,857	43,498
74	T1R2	69,4	0,002	0,001	0,0000020	34700000,000	
75	T1R3	71,9	0,002	0,0008	0,0000016	44937500,000	
76	T2R1	89,4	0,002	0,001	0,0000020	44700000,000	50,074
77	T2R2	88,3	0,002	0,0008	0,0000016	55187500,000	
78	T2R3	90,6	0,002	0,0009	0,0000018	50333333,333	
79	T3R1	135,2	0,002	0,0008	0,0000016	84500000,000	89,61
80	T3R2	134,2	0,002	0,0006	0,0000012	111833333,333	
81	T3R3	130,5	0,002	0,0009	0,0000018	72500000,000	
82	T4R1	83,5	0,002	0,0006	0,0000012	69583333,333	59,56
83	T4R2	82,9	0,002	0,0008	0,0000016	51812500,000	
84	T4R3	80,2	0,002	0,0007	0,0000014	57285714,286	
85	T5R1	80,8	0,002	0,0007	0,0000014	57714285,714	50,71
86	T5R2	81,3	0,002	0,0008	0,0000016	50812500,000	
87	T5R3	78,5	0,002	0,0009	0,0000018	43611111,111	
88	T6R1	109,9	0,002	0,0007	0,0000014	78500000,000	65,5
89	T6R2	110,3	0,002	0,0009	0,0000018	61277777,778	

90	T6R3	113,7	0,002	0,001	0,0000020	56850000,000	70,86
91	T7R1	120,5	0,002	0,0008	0,0000016	75312500,000	
92	T7R2	121,3	0,002	0,0009	0,0000018	67388888,889	
93	T7R3	125,8	0,002	0,0009	0,0000018	69888888,889	96,62
94	T8R1	174,5	0,002	0,0009	0,0000018	96944444,444	
95	T8R2	173,2	0,002	0,001	0,0000020	86600000,000	
96	T8R3	170,1	0,002	0,0008	0,0000016	106312500,000	91,496
97	T9R1	162,7	0,002	0,0009	0,0000018	90388888,889	
98	T9R2	161,2	0,002	0,001	0,0000020	80600000,000	
99	T9R3	165,6	0,002	0,0008	0,0000016	103500000,000	

Realizado por: Angulo N., 2024.

Respecto a la prueba de elongación, podemos observar los resultados obtenidos mediante la Tabla 4-40 donde se registran los % de elongación de cada tratamiento y repetición. En esta prueba, el tratamiento con mayor porcentaje de elongación fue el tratamiento T3, con un promedio de 23,81%.

**Tabla 4-40:** Resultados de elongación de la fibra de la cáscara de coco.

N° Ensayo	N° Muestra	Largo de la probeta (m)	Largo de la probeta (m)	Elongación con medidor (m)				Valor promedio de elongación
				Medidor Inicial	Medidor final	Deformación del medidor	%Elongación	
100	T1R1	0,1	0,07	0,282	0,299	0,017	24,3	20
101	T1R2	0,1	0,07	0,288	0,3	0,012	17,1	
102	T1R3	0,1	0,07	0,285	0,298	0,013	18,6	
103	T2R1	0,1	0,07	0,282	0,292	0,010	14,3	13,81
104	T2R2	0,1	0,07	0,271	0,28	0,009	12,9	
105	T2R3	0,1	0,07	0,278	0,288	0,010	14,3	
106	T3R1	0,1	0,07	0,284	0,302	0,018	25,7	23,81
107	T3R2	0,1	0,07	0,291	0,306	0,015	21,4	
108	T3R3	0,1	0,07	0,287	0,304	0,017	24,3	
109	T4R1	0,1	0,07	0,286	0,303	0,017	24,3	23,33
110	T4R2	0,1	0,07	0,288	0,302	0,014	20,0	
111	T4R3	0,1	0,07	0,286	0,304	0,018	25,7	
112	T5R1	0,1	0,07	0,283	0,293	0,010	14,3	15,71
113	T5R2	0,1	0,07	0,279	0,291	0,012	17,1	
114	T5R3	0,1	0,07	0,28	0,291	0,011	15,7	
115	T6R1	0,1	0,07	0,281	0,292	0,011	15,7	14,29
116	T6R2	0,1	0,07	0,282	0,291	0,009	12,9	
117	T6R3	0,1	0,07	0,282	0,292	0,010	14,3	
118	T7R1	0,1	0,07	0,283	0,289	0,006	8,6	14,76
119	T7R2	0,1	0,07	0,282	0,296	0,014	20,0	
120	T7R3	0,1	0,07	0,28	0,29	0,010	14,3	
121	T8R1	0,1	0,07	0,278	0,288	0,010	14,3	13,81
122	T8R2	0,1	0,07	0,282	0,291	0,009	12,9	
123	T8R3	0,1	0,07	0,28	0,29	0,010	14,3	
124	T9R1	0,1	0,07	0,285	0,294	0,009	12,9	16,19
125	T9R2	0,1	0,07	0,283	0,297	0,014	20,0	
126	T9R3	0,1	0,07	0,285	0,296	0,011	15,7	

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.1.7. Formulaciones para la obtención del sustituto de cuero

En la Tabla 4-41 se detallan las formulaciones empleadas para la obtención del sustituto de cuero. Se emplearon 3 formulaciones, donde las variables utilizadas fueron el peso de la fibra de poliéster y el peso de la fibra vegetal (fibra de coco), correspondiendo estas al 100% del laminado del sustituto. De igual manera, se utilizó como constante la mezcla de resinas empleadas, tanto RD-A como RD-U, con una proporción del 60% de RD-A 1034 y el 40% de RD-U 3040. Esta formulación fue recomendada por la curtiembre proveedora de estas (Dyes Andina).

**Tabla 4-41:** Variables empleadas en la obtención del sustituto de cuero.

VARIABLES					Mezcla de resinas (ml)
Fibra de poliéster-100% (%)	Peso de poliéster (gr)	Fibra de coco (%)	Peso de fibra coco (gr)	Peso del laminado. 100% (gr)	
50	2.5	50	2.5	5	75
70	3,5	30	1,5		
30	1,5	70	3,5		

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.1.8. Tratamientos empleados para la obtención del sustituto de cuero

**Tabla 4-42:** Disposición de la fibra de coco en el sustituto de cuero.

N°	VARIABLES		
	Fibra de poliéster (%)	Fibra de coco (%)	Disposición de la fibra
T1	50	50	90°
T2	70	30	
T3	30	70	
T4	50	50	Aleatorio
T5	70	30	
T6	30	70	

Realizado por: Angulo N., 2024.

Como se puede observar, se colocó la fibra en dos disposiciones distintas: 90° y aleatoria. De esta manera, podremos observar cómo afectará la ubicación de la fibra vegetal dentro del sustituto tanto en la tensión, elongación o lastometría de nuestro sustituto de cuero obtenido. Como resultado, se obtuvieron un total de 6 tratamientos distintos.

#### 4.1.9. Resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica del sustituto de cuero

##### 4.1.9.1. Análisis de humedad del sustituto de cuero

En la tabla 4-43 se registran los porcentajes de humedad de cada tratamiento. Se observa que el tratamiento T5 tiene el menor porcentaje de humedad promedio, con un valor de 0,79%.

**Tabla 4-43:** Resultados de contenido de humedad del sustituto de cuero.

N° Ensayo	N° Muestra	Peso de la muestra (g)	% de humedad	Promedio de % de Humedad
127	T1R1	0,999	1,703	1,72
128	T1R2	1,006	1,745	
129	T1R3	1	1,722	
130	T2R1	1	1,798	1,79
131	T2R2	1,013	1,78	
132	T2R3	1,005	1,789	
133	T3R1	1,012	1,579	1,61
134	T3R2	1,02	1,635	
135	T3R3	1,008	1,602	
136	T4R1	1,008	1,69	1,72
137	T4R2	1,003	1,755	
138	T4R3	1,027	1,701	
139	T5R1	1,03	0,872	0,79
140	T5R2	1,009	0,733	
141	T5R3	1,015	0,752	
142	T6R1	1,007	2,174	2,04
143	T6R2	1,025	1,938	
144	T6R3	1,002	1,998	

Realizado por: Angulo N., 2024.

##### 4.1.9.2. Análisis de cenizas del sustituto de cuero

La tabla 4-44 refleja los porcentajes de cenizas obtenidos para cada tratamiento. Se observa que los resultados son muy similares entre sí. El tratamiento T1 obtuvo un porcentaje promedio de cenizas de 3,38%, el T2 registró un promedio de 3,05%, el T3 alcanzó un porcentaje de 3,75%, el T4 presentó un porcentaje de 3,86%, el T5 mostró un porcentaje de 2,01%, y finalmente, el T6 registró un porcentaje de 2,53%.

**Tabla 4-44:** Resultados de contenido de cenizas del sustituto de cuero.

Nº Ensayo	Nº Muestra	Fibra (g)	Cenizas (g)	% de Ceniza	Promedio
145	T1R1	1,008	0,0345	3,422619048	3,383017764
146	T1R2	1,003	0,0335	3,33998006	
147	T1R3	1,004	0,034	3,386454183	
148	T2R1	1,01	0,0304	3,00990099	3,050256736
149	T2R2	1,009	0,031	3,07234886	
150	T2R3	1,007	0,0309	3,068520357	
151	T3R1	1,004	0,0372	3,705179283	3,753732754
152	T3R2	1,006	0,0385	3,827037773	
153	T3R3	1,011	0,0377	3,728981207	
154	T4R1	1,009	0,0394	3,904856293	3,857288386
155	T4R2	1,011	0,0379	3,7487636	
156	T4R3	1,003	0,0393	3,918245264	
157	T5R1	1,005	0,0202	2,009950249	2,005316726
158	T5R2	1,004	0,0199	1,982071713	
159	T5R3	1,003	0,0203	2,023928215	
160	T6R1	1,008	0,024	2,380952381	2,52909413
161	T6R2	1,012	0,0255	2,519762846	
162	T6R3	1,005	0,027	2,686567164	

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.1.10. Resultados de la caracterización mecánica del Sustituto de cuero

##### 4.1.10.1. Lastometría

En la prueba de lastometría se evaluó la capacidad de las pieles para resistir una deformación en su superficie según la norma IUP 9 utilizando un lastómetro, registrando valores muy similares entre sí, variando principalmente en el tiempo de ruptura. Los valores resultantes de esta prueba se pueden observar en la tabla 4-45, donde según la norma INEN 555 los cueros que tenga valores mayores a 7,2mm se pueden considerar cueros de calidad.

**Tabla 4-45:** Resultados de Lastometría en el sustituto de cuero.

Nº Ensayo	Nº Muestra	Tiempo	PSI	BAR	Lastometría (mm)
163	T1R1	2,27	30	2	10,05
164	T1R2	2,13	30	2	10,05
165	T2R1	1,85	35	2,2	10,07
166	T2R2	1,91	30	2	10,05
167	T3R1	1,99	35	2,2	10,07
168	T3R2	1,82	35	2,3	10,07
169	T4R1	1,93	35	2,3	10,07
170	T4R2	1,95	30	2	10,05
171	T5R1	1,92	30	2	10,05
172	T5R2	1,88	30	2	10,05
173	T6R1	1,98	30	2	10,05
174	T6R2	1,91	35	2,3	10,07

Realizado por: Angulo N., 2024.





**Ilustración 4-17:** Muestra para lastometría

**Realizado por:** Angulo N., 2024.



**Ilustración 4-18:** Muestra después de la prueba

**Realizado por:** Angulo N., 2024.



**Ilustración 4-19:** Muestra parte posterior

**Realizado por:** Angulo N., 2024.

#### 4.1.10.2. Tensión y elongación de la fibra del sustituto de cuero

Para esta prueba se tomó en consideración las normas IUP4 la cual establece la necesidad de medición del espesor de un cuero y IUP6 la cual verifica la resistencia del cuero al desgarre, siendo esta aplicable para todo tipo de cuero.

**Tabla 4-46:** Resultados de tensión de la fibra del sustituto de cuero.

N° Ensayo	N° Muestra	Fuerza	Área (cm <sup>2</sup> )			Tensión (N/m <sup>2</sup> )	Promedio de tensión	Promedio de tensión (MPa)
			Ancho (m)	Calibre (m)	Área (m <sup>2</sup> )			
175	T1R1	345,2	0,02	0,002	0,000030	11506666,67	11871005,29	11,87
176	T1R2	352,3	0,02	0,0021	0,000032	11184126,98		
177	T1R3	348,9	0,02	0,0018	0,000027	12922222,22		
178	T2R1	279,5	0,02	0,0019	0,000029	9807017,544	9167894,737	9,17
179	T2R2	260,6	0,02	0,002	0,000030	8686666,667		
180	T2R3	270,3	0,02	0,002	0,000030	9010000,000		
181	T3R1	274,4	0,02	0,0019	0,000029	9628070,175	9943169,891	9,94
182	T3R2	294,8	0,02	0,002	0,000029	10078632,48		
183	T3R3	288,5	0,02	0,0019	0,000029	10122807,02		
184	T4R1	158,9	0,02	0,0015	0,000023	7062222,222	6526623,094	6,53
185	T4R2	188,3	0,02	0,0017	0,000026	7384313,725		
186	T4R3	161,7	0,02	0,0021	0,000032	5133333,333		
187	T5R1	246,6	0,02	0,003	0,000045	5480000,000	8027654,321	8,03
188	T5R2	270,8	0,02	0,0018	0,000027	10029629,63		
189	T5R3	257,2	0,02	0,002	0,000030	8573333,333		
190	T6R1	145,5	0,02	0,0017	0,000026	5705882,353	6027516,34	6,03
191	T6R2	168,4	0,02	0,0016	0,000024	7016666,667		
192	T6R3	160,8	0,02	0,002	0,0000300	5360000,000		

Realizado por: Angulo N., 2024.

En la tabla 4-46 se presentan los resultados obtenidos de la prueba de tensión realizada en el sustituto de cuero. Los resultados están expresados en MPa, donde se puede observar que para el tratamiento T1, la tensión promedio entre las repeticiones fue de 11,87 MPa; para el T2, la tensión fue de 9,17 MPa; para el T3, se obtuvo un resultado de 9,94 MPa; para el T4, fue de 6,53 MPa; para el T5, la tensión promedio fue de 8,03 MPa; y el tratamiento T6 presentó la menor tensión promedio, con 6,03 MPa.



**Ilustración 4-20:** Probetas para las pruebas

Realizado por: Angulo N., 2024.



**Ilustración 4-21:** Probetas después de las pruebas

Realizado por: Angulo N., 2024.

Para la prueba de elongación, se utilizaron 3 muestras por tratamiento para garantizar una mayor precisión en los resultados. Como se puede observar, para el tratamiento T1 se obtuvo un porcentaje promedio de elongación de 32,86%; para el T2 se registró un porcentaje de 12,86%; para el T3 se obtuvo un porcentaje de 25,71%; el tratamiento T4 tuvo un promedio de elongación de 22,86%; en el T5 se registró un porcentaje de 25,71%; y el tratamiento T6 con un porcentaje de elongación de 14,76%.

**Tabla 4-47:** Resultados de elongación del sustituto de cuero.

N° Ensayo	N° Muestra	Largo de la probeta (m)	Largo de la probeta (m)	Elongación con medidor (m)				Valor promedio de elongación
				Medidor Inicial	Medidor final	Deformación del medidor	%Elongación	
193	T1R1	0,1	0,07	0,281	0,304	0,023	32,9	32,86
194	T1R2	0,1	0,07	0,280	0,302	0,022	31,4	
195	T1R3	0,1	0,07	0,279	0,303	0,024	34,3	
196	T2R1	0,1	0,07	0,281	0,291	0,010	14,3	12,86
197	T2R2	0,1	0,07	0,279	0,288	0,009	12,9	
198	T2R3	0,1	0,07	0,28	0,288	0,008	11,4	
199	T3R1	0,1	0,07	0,280	0,297	0,017	24,3	25,71
200	T3R2	0,1	0,07	0,279	0,298	0,019	27,1	
201	T3R3	0,1	0,07	0,281	0,299	0,018	25,7	
202	T4R1	0,1	0,07	0,278	0,294	0,016	22,9	22,86
203	T4R2	0,1	0,07	0,280	0,297	0,017	24,3	
204	T4R3	0,1	0,07	0,279	0,294	0,015	21,4	
205	T5R1	0,1	0,07	0,281	0,298	0,017	24,3	25,71
206	T5R2	0,1	0,07	0,280	0,299	0,019	27,1	
207	T5R3	0,1	0,07	0,281	0,299	0,018	25,7	
208	T6R1	0,1	0,07	0,280	0,321	0,041	18,6	14,76
209	T6R2	0,1	0,07	0,282	0,319	0,037	10,0	
210	T6R3	0,1	0,07	0,28	0,322	0,042	15,7	

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.1.10.3. Prueba de biodegradabilidad del sustituto de cuero

**Tabla 4-48:** Resultados ensayo de biodegradabilidad del sustituto de cuero.

<b>PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD</b>			
<b>CONDICIONES</b>	<b>PESO INICIAL (g)</b>	<b>PESO FINAL (g)</b>	<b>DIFERENCIA</b>
Aire	3,001	2,993	0,008
<b>Tierra</b>	<b>3,003</b>	<b>2,975</b>	<b>0,028</b>
Agua	3,012	2,989	0,023

Realizado por: Angulo N., 2024.

Se registraron los pesos de las muestras del sustituto obtenido como mejor tratamiento, donde se pudo observar para la muestra 1, sometida a condiciones de agua, se obtuvo una diferencia de 0,008 g; para la muestra 2, sometida a condiciones de tierra, se obtuvo una diferencia de 0,028 g; y para la muestra 3, bajo condiciones de agua, se obtuvo una diferencia de 0,023 g. Como se puede observar, se registraron bajos porcentajes de biodegradabilidad. Esto se puede atribuir a la poca cantidad de componentes naturales en la elaboración del sustituto, siendo la fibra de coco la única que se degradó en este proceso.

#### 4.2. Análisis estadísticos

Se realizó una evaluación estadística de las propiedades de tensión, elongación y lastimetría tanto de la fibra de coco como del sustituto de cuero resultante. Asimismo, se analizó el rendimiento de extracción de la fibra de coco con el fin de determinar posibles diferencias significativas entre los tratamientos. Este análisis se llevó a cabo utilizando el software Minitab, mediante el análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor con un nivel de significancia del 95% y utilizando el procedimiento de comparación de medias de Tukey.

**Tabla 4-49:** Método aplicado para el análisis estadístico.

<b>H</b>	Hipótesis	Criterio	Se acepta
<b>H<sub>0</sub></b>	Nula	Todas las medidas son iguales	Si $\alpha > 0.05$
<b>H<sub>a</sub></b>	Alterna	No todas las medidas son iguales	Si $\alpha < 0.05$

Realizado por: Angulo N., 2024.

**4.2.1. Análisis estadístico para la determinación del mejor tratamiento para la obtención de la fibra de la cáscara de coco**

**4.2.1.1. Anova de un factor para el rendimiento de la extracción de la fibra de coco**

**Tabla 4-50:** Análisis de Varianza del rendimiento de la fibra de coco.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	1130,9	141,367	22,73	0,000
Error	18	111,9	6,219		
Total	26	1242,9			

Realizado por: Angulo N., 2024.

La Tabla 4-50 muestra los resultados del análisis de varianza realizado utilizando los datos de rendimiento de cada tratamiento y repetición. Se obtuvo un valor p de 0,000, lo que indica que, dado que  $\alpha < 0,05$ , no todas las medidas son iguales. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) con un porcentaje de confianza del 95% y 5% de error.

**Tabla 4-51:** Análisis de Medias del rendimiento de la fibra de coco.

Factor	N	Media	Desviación Estándar	IC de 95 %
T1	3	14,768	0,332	(11,743; 17,793)
T2	3	15,57	1,87	(12,55; 18,60)
T3	3	14,62	4,28	(11,59; 17,64)
T4	3	20,458	0,408	(17,433; 23,483)
T5	3	20,137	1,548	(17,112; 23,162)
T6	3	21,69	3,76	(18,66; 24,71)
T7	3	30,66	3,34	(27,64; 33,69)
T8	3	32,15	2,24	(29,13; 35,18)
T9	3	28,697	1,076	(25,672; 31,722)

Realizado por: Angulo N., 2024.

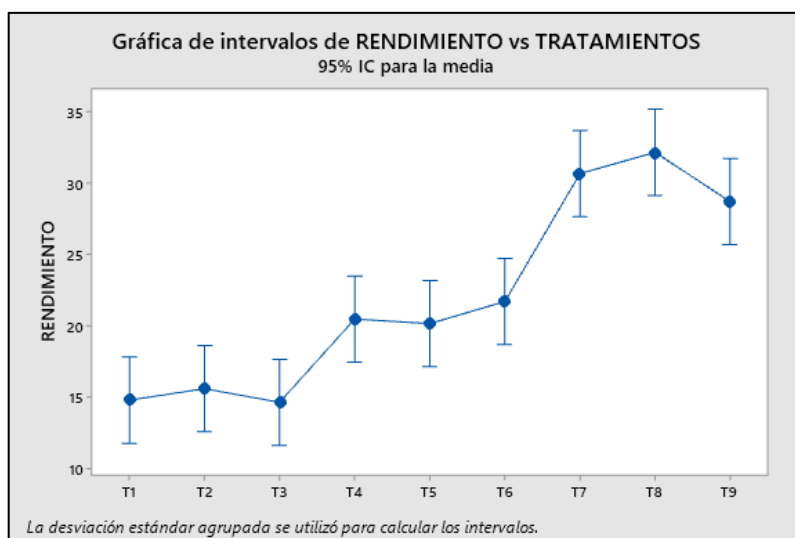
La tabla 4-51 presenta el análisis de medias y desviación estándar correspondiente a cada tratamiento.

**Tabla 4-52:** Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación		
T8	3	32,15	A		
T7	3	30,66	A		
T9	3	28,697	A	B	
T6	3	21,69		B	C
T4	3	20,458			C
T5	3	20,137			C
T2	3	15,57			C
T1	3	14,768			C
T3	3	14,62			C

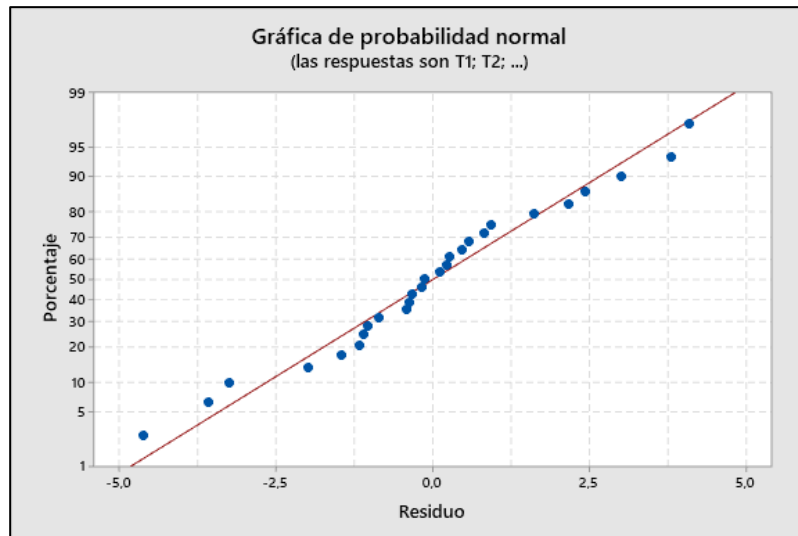
Realizado por: Angulo N., 2024.

En la Tabla 4-52 se presentan los resultados del método de comparación Tukey, donde se comparan estadísticamente cada tratamiento entre sí para determinar su igualdad o diferencia. En este caso, se observa que los tratamientos T8, T7 y T9 comparten la misma letra, lo que indica que son estadísticamente iguales entre sí. Asimismo, tanto el T9 como el T6 comparten letra, lo que sugiere que son estadísticamente iguales. Por otro lado, los tratamientos T6, T4, T5, T2, T1 y T3 también comparten letra entre sí, indicando su igualdad estadística. Por último, este método de comparación señala que los tratamientos T8 y T7 son estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos (excepto al T9).



**Ilustración 4-22:** Grafica de intervalos de Rendimiento vs Tratamientos

Realizado por: Angulo N., 2024.



**Ilustración 4-23:** Grafica de Probabilidad normal

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.2.1.2. Anova de un factor para la Tensión de la fibra de coco

**Tabla 4-53:** Análisis de Varianza para la tensión de la fibra de coco.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	9421	1177,6	10,50	0,000
Error	18	2020	112,2		
Total	26	11440			

Realizado por: Angulo N., 2024.

La Tabla 4-53 muestra los resultados del análisis de varianza realizado utilizando los datos de tensión de la fibra de coco de cada tratamiento y repetición. Se obtuvo un valor p de 0,000, lo que indica que, dado que  $\alpha < 0,05$ , no todas las medidas son iguales. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) con un porcentaje de confianza del 95% y 5% de error.



**Tabla 4-54:** Análisis de Medias para la tensión de la fibra de coco.

Factor	N	Media	Desviación Estándar	IC de 95 %
T1	3	43,50	8,17	(30,65; 56,35)
T2	3	50,07	5,25	(37,23; 62,92)
T3	3	89,6	20,2	(76,8; 102,5)
T4	3	59,56	9,10	(46,71; 72,41)
T5	3	50,71	7,05	(37,86; 63,56)
T6	3	65,54	11,44	(52,69; 78,39)
T7	3	70,86	4,05	(58,02; 83,71)
T8	3	96,62	96,86	(83,77; 109,47)
T9	3	91,50	91,50	(78,65; 104,34)

Realizado por: Angulo N., 2024.

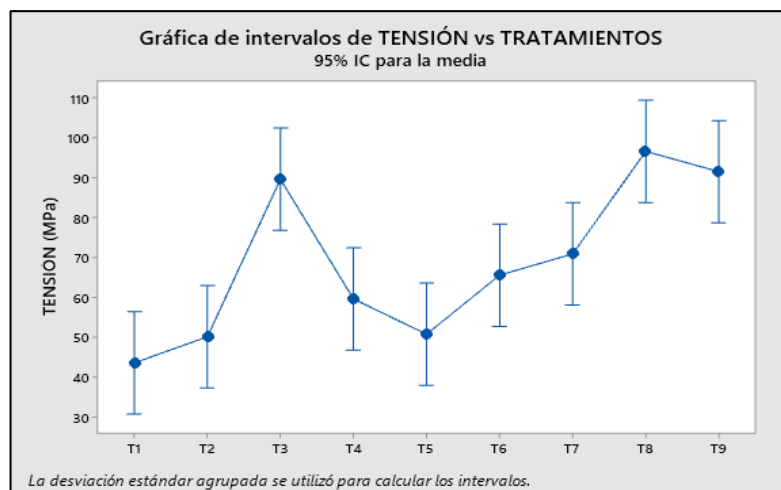
La tabla 4-54 presenta el análisis de medias y desviación estándar correspondiente a las medias de tensión de cada tratamiento.

**Tabla 4-55:** Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación			
T8	3	96,62	A			
T9	3	91,50	A	B		
T3	3	89,6	A	B	C	
T7	3	70,86	A	B	C	D
T6	3	65,54		B	C	D
T4	3	59,56			C	D
T5	3	50,71				D
T2	3	50,07				D
T1	3	43,50				D

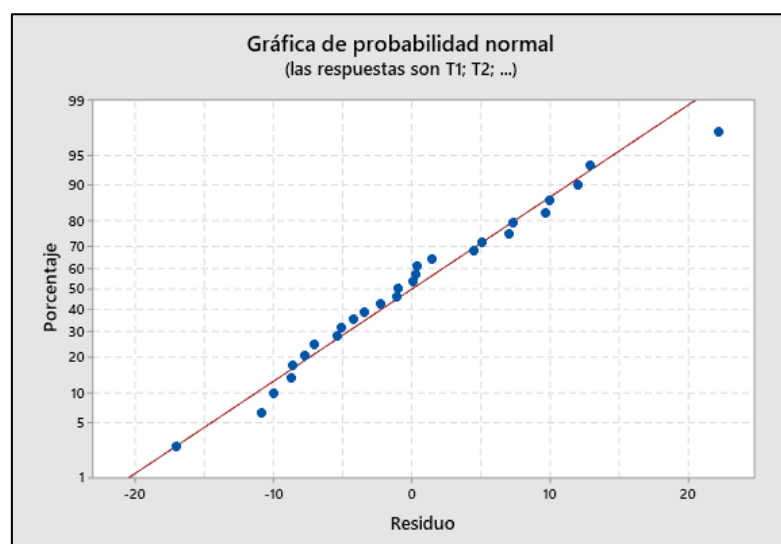
Realizado por: Angulo N., 2024.

En la Tabla 4-55 se presentan los resultados del método de comparación Tukey, donde se comparan estadísticamente cada tratamiento entre sí para determinar su igualdad o diferencia. En este caso, se observa que los tratamientos T8, T9, T3 y T7 comparten la misma letra, lo que indica que son estadísticamente iguales entre sí. Además, los tratamientos T9, T3, T7 y T6 comparten letra, sugiriendo igualdad estadística. Del mismo modo, los tratamientos T3, T7, T6 y T4 también comparten letra entre sí, indicando su igualdad estadística. Por otra parte, los tratamientos T7, T6, T4, T5, T2 y T1 también son estadísticamente iguales. Por último, este método de comparación señala que el tratamiento T8 es estadísticamente diferente al resto de los tratamientos.



**Ilustración 4-24:** Grafica de intervalos de Tensión vs Tratamientos

Realizado por: Angulo N., 2024.



**Ilustración 4-25:** Grafica de Probabilidad normal

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.2.1.3. Anova de un factor para la Elongación de la fibra de coco

**Tabla 4-56:** Análisis de Varianza para la Elongación de la fibra de coco.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	389,1	48,639	5,50	0,001
Error	18	159,2	8,844		
Total	26	548,3			

Realizado por: Angulo N., 2024.

La Tabla 4-56 muestra los resultados del análisis de varianza realizado utilizando los datos de elongación de la fibra de coco de cada tratamiento y repetición. Se obtuvo un valor p de 0,001,

lo que indica que, dado que  $\alpha < 0,05$ , no todas las medidas son iguales. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) con un porcentaje de confianza del 95% y 5% de error.

**Tabla 4-57:** Análisis de Medias para la Elongación de la fibra de coco.

Factor	N	Media	Desviación Estándar	IC de 95 %
T1	3	20,00	3,78	(16,39; 23,61)
T2	3	13,810	0,825	(10,202; 17,417)
T3	3	23,81	2,18	(20,20;17,42)
T4	3	13,33	2,97	(19,73; 26,94)
T5	3	15,714	1,429	(12,107; 19,321)
T6	3	14,286	1,429	(10,679; 17,893)
T7	3	14,76	5,77	(11,15; 18,37)
T8	3	13,810	0,825	(10,202; 17,417)
T9	3	16,19	3,60	(12,58; 19,80)

Realizado por: Angulo N., 2024.

La tabla 4-57 presenta el análisis de medias y desviación estándar correspondiente a las medias de elongación de cada tratamiento.

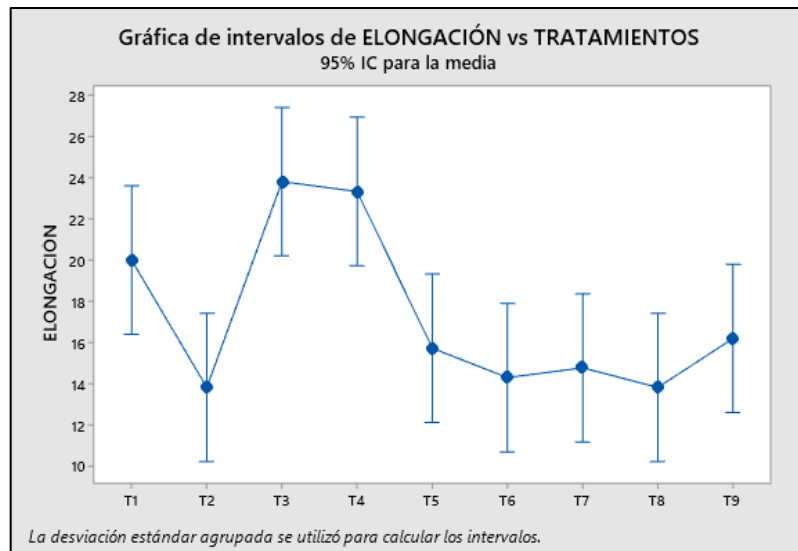
**Tabla 4-58:** Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación	
T3	3	23,81	A	
T4	3	23,33	A	
T1	3	20,00	A	B
T9	3	16,19	A	B
T5	3	15,714	A	B
T7	3	14,76		B
T6	3	14,286		B
T2	3	13,810		B
T8	3	13,810		B

Realizado por: Angulo N., 2024.

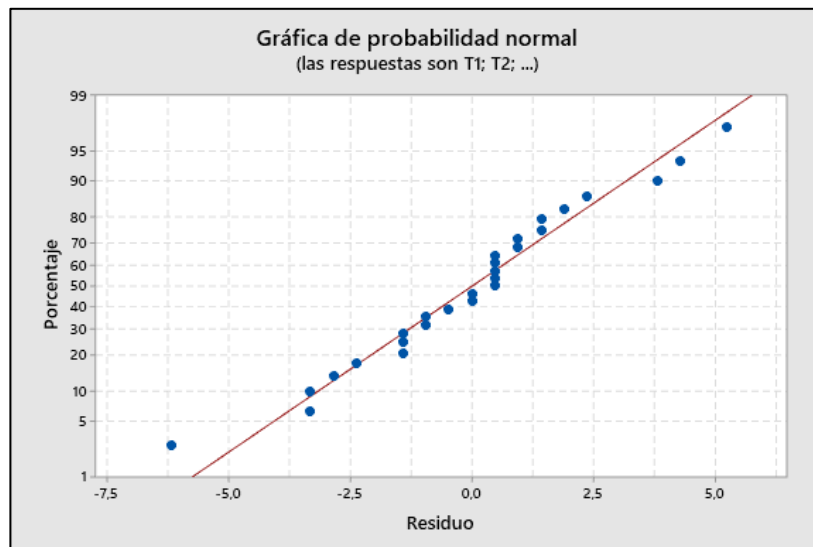
La Tabla 4-58 presenta los resultados del método de comparación Tukey, donde se comparan estadísticamente cada tratamiento entre sí para determinar su igualdad o diferencia. En este caso, se observa que los tratamientos T3, T4, T1, T9 y T5 son estadísticamente iguales. También se registró que los tratamientos T1, T9, T5, T7, T6, T2 y T8 son estadísticamente iguales. Por último,

se puede observar que los tratamientos T3 y T4 son estadísticamente diferentes a los tratamientos T7, T6, T2 y T8.



**Ilustración 4-26:** Grafica de intervalos de Elongación vs Tratamientos

Realizado por: Angulo N., 2024.



**Ilustración 4-27:** Grafica de Probabilidad normal

Realizado por: Angulo N., 2024.

4.2.1.4. Anova de un factor para la Lastometría de la fibra de coco

**Tabla 4-59:** Análisis de Varianza para la Lastometría de la fibra de coco.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	0,04256	0,005320	0,60	0,758
Error	9	0,07971	0,008856		
Total	17	0,12226			

Realizado por: Angulo N., 2024.

La Tabla 4-59 muestra los resultados del análisis de varianza realizado utilizando los datos de elongación de la fibra de coco de cada tratamiento y repetición. Se obtuvo un valor p de 0,758, lo que indica que, dado que  $\alpha > 0,05$ , todas las medidas son iguales. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_a$ ) con un porcentaje de confianza del 95% y 5% de error.

**Tabla 4-60:** Análisis de Medias para la Lastometría de la fibra de coco.

Factor	N	Media	Desviación Estándar	IC de 95 %
T1	2	10,05	0,00	(9,90; 10,20)
T2	2	9,917	0,142	(9,821; 10,122)
T3	2	9,9154	0,0629	(9,7648; 10,0659)
T4	2	10,0596	0,0164	(9,9090; 10,2101)
T5	2	10,0039	0,0623	(9,8534; 10,1544)
T6	2	9,971	0,142	(9,821; 10,122)
T7	2	9,9595	0,1252	(9,8089; 10,1100)
T8	2	10,0600	0,0141	(9,9095; 10,2105)
T9	2	9,9595	0,1252	(9,8089; 10,1100)

Realizado por: Angulo N., 2024.

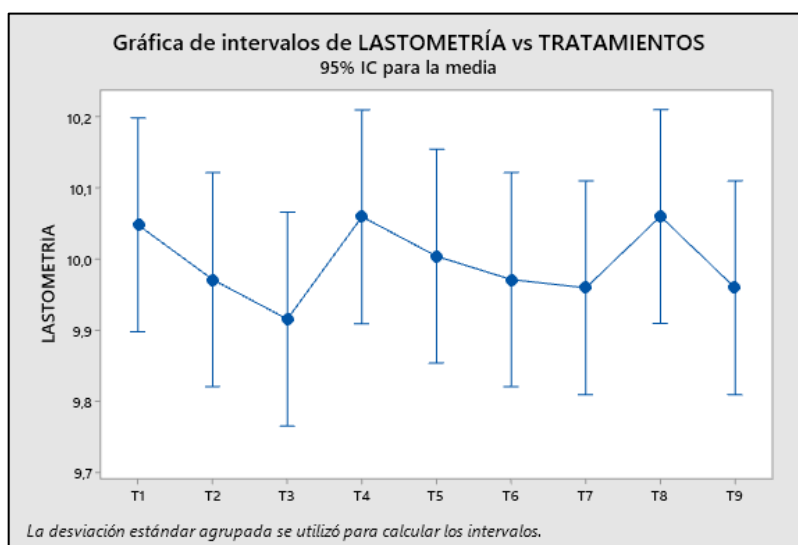
La tabla 4-60 presenta el análisis de medias y desviación estándar correspondiente a las medias de lastometría de cada tratamiento.

**Tabla 4-61:** Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
T8	3	10,0600	A
T4	3	10,0596	A
T1	3	10,05	A
T5	3	10,0039	A
T6	3	9,971	A
T2	3	9,971	A
T9	3	9,9595	A
T7	3	9,9595	A
T3	3	9,9154	A

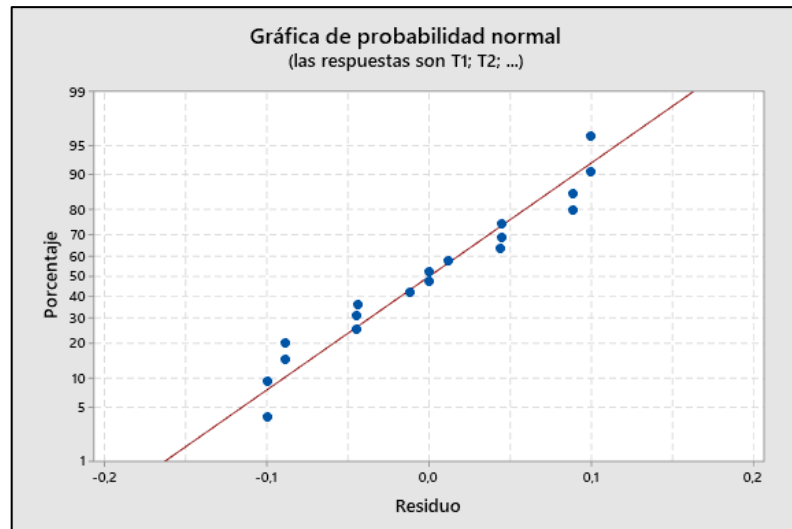
Realizado por: Angulo N., 2024.

La Tabla 4-61 muestra los resultados del método de comparación Tukey, donde se lleva a cabo una comparación estadística entre cada tratamiento para determinar su igualdad o diferencia. En este caso, se observa que todos los tratamientos comparten la misma letra, lo que indica que son estadísticamente iguales.



**Ilustración 4-28:** Grafica de intervalos de Lastometría vs Tratamientos

Realizado por: Angulo N., 2024.



**Ilustración 4-29:** Grafica de Probabilidad normal

Realizado por: Angulo N., 2024.

4.2.1.5. Anova de un factor para la Tensión del sustituto de cuero

**Tabla 4-62:** Análisis de Varianza para la Tensión del sustituto de cuero.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	5	72,21	14,442	9,73	0,001
Error	12	17,81	1,484		
Total	17	90,02			

Realizado por: Angulo N., 2024.

La Tabla 4-62 muestra los resultados del análisis de varianza realizado utilizando los datos de tensión de la fibra de coco de cada tratamiento y repetición. Se obtuvo un valor p de 0,001, lo que indica que, dado que  $\alpha < 0,05$ , no todas las medidas son iguales. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) con un porcentaje de confianza del 95% y 5% de error.

**Tabla 4-63:** Análisis de Medias para la Tensión del sustituto de cuero.

Factor	N	Media	Desviación Estándar	IC de 95 %
T1	3	11,971	0,925	(10,338; 13,404)
T2	3	9,168	0,577	(7,635; 10,700)
T3	3	9,943	0,274	(8,411; 11,476)
T4	3	6,527	1,217	(4,994; 8,059)
T5	3	8,03	2,32	(6,50; 9,56)
T6	3	6,028	0,874	(4,495; 7,560)

Realizado por: Angulo N., 2024.

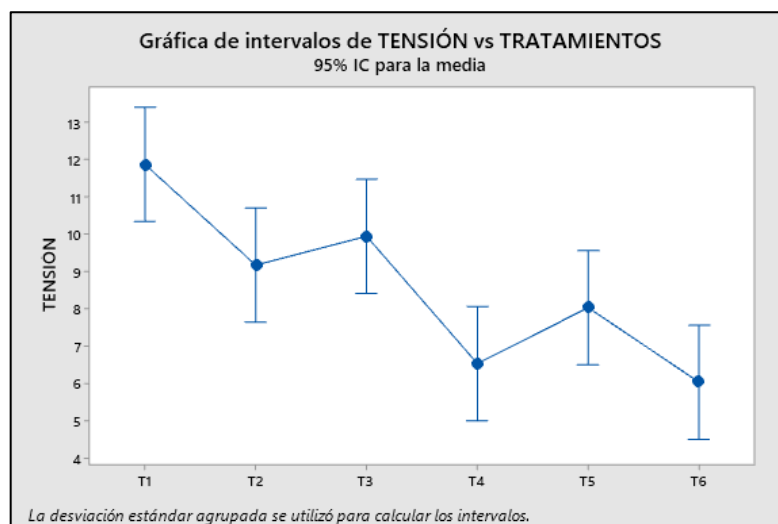
La tabla 4-63 presenta el análisis de medias y desviación estándar correspondiente a las medias de tensión de cada tratamiento.

**Tabla 4-64:** Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación		
T1	3	11,871	A		
T3	3	9,943	A	B	
T2	3	9,168	A	B	C
T5	3	8,03		B	C
T4	3	6,527			C
T6	3	6,028			C

Realizado por: Angulo N., 2024.

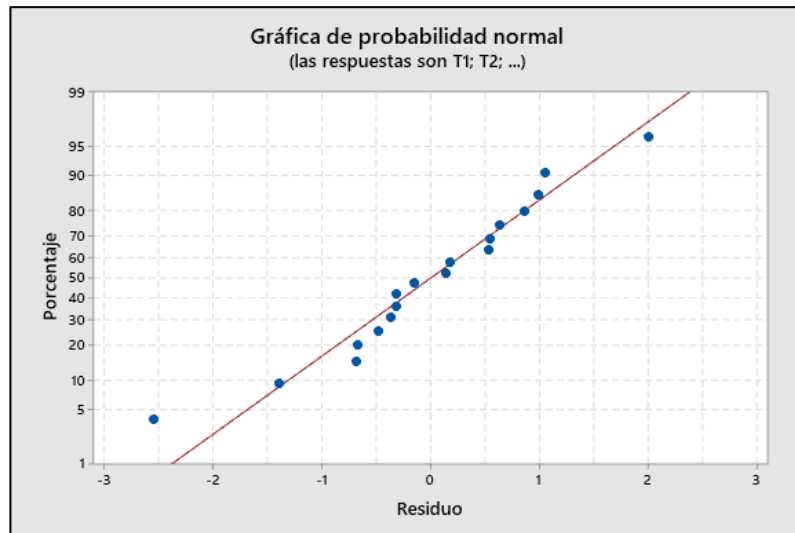
En la Tabla 4-64 se presentan los resultados del método de comparación Tukey, donde se comparan estadísticamente cada tratamiento entre sí para determinar su igualdad o diferencia. En este caso, se observa que los tratamientos T1, T3 y T2 son estadísticamente iguales, al igual que los tratamientos T3, T2 y T5. Asimismo, se registra mediante esta comparación que los tratamientos T2, T5, T4 y T6 son estadísticamente iguales. Por último, se puede observar que los tratamientos T1 y T3 son estadísticamente diferentes a los tratamientos T4 y T6.



**Ilustración 4-30:** Grafica de intervalos de Tensión vs Tratamientos

Realizado por: Angulo N., 2024.





**Ilustración 4-31:** Grafica de Probabilidad normal

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.2.1.6. Anova de un factor para la Elongación del sustituto de cuero

**Tabla 4-65:** Análisis de Varianza para la Elongación del sustituto de cuero.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	5	842,74	168,549	34,57	0,000
Error	12	58,50	4,875		
Total	17	901,25			

Realizado por: Angulo N., 2024.

La Tabla 4-65 muestra los resultados del análisis de varianza realizado utilizando los datos de elongación de la fibra de coco de cada tratamiento y repetición. Se obtuvo un valor p de 0,000, lo que indica que, dado que  $\alpha < 0,05$ , no todas las medidas son iguales. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) con un porcentaje de confianza del 95% y 5% de error.

**Tabla 4-66:** Análisis de Medias para la Elongación del sustituto de cuero.

Factor	N	Media	Desviación Estándar	IC de 95 %
T1	3	32,857	1,429	(30,080; 35,635)
T2	3	12,847	1,429	(10,316; 15,635)
T3	3	25,714	1,429	(22,937; 28,492)
T4	3	22,857	1,429	(20,080; 25,635)
T5	3	25,714	1,429	(22,937; 28,492)
T6	3	14,76	4,36	(11,98; 17,54)

Realizado por: Angulo N., 2024.

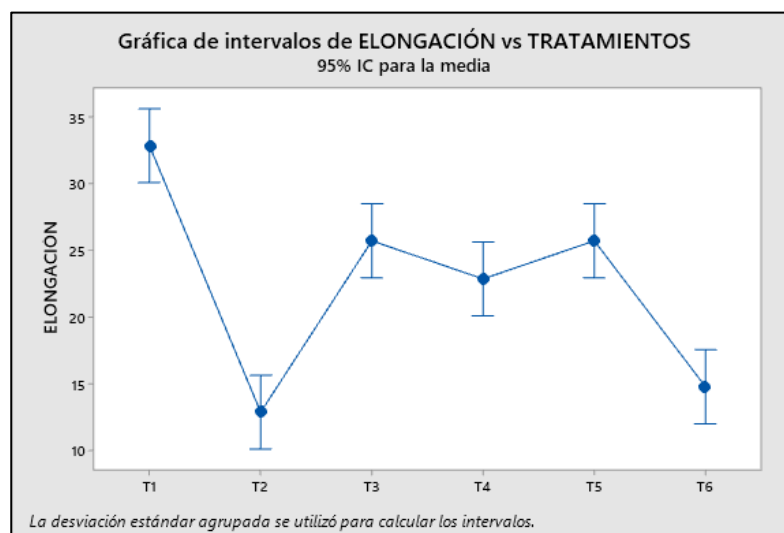
La tabla 4-66 presenta el análisis de medias y desviación estándar correspondiente a las medias de elongación de cada tratamiento

**Tabla 4-67:** Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación		
T1	3	32,857	A		
T5	3	25,714		B	
T3	3	25,714		B	
T4	3	22,857		B	
T6	3	14,76			C
T2	3	12,857			C

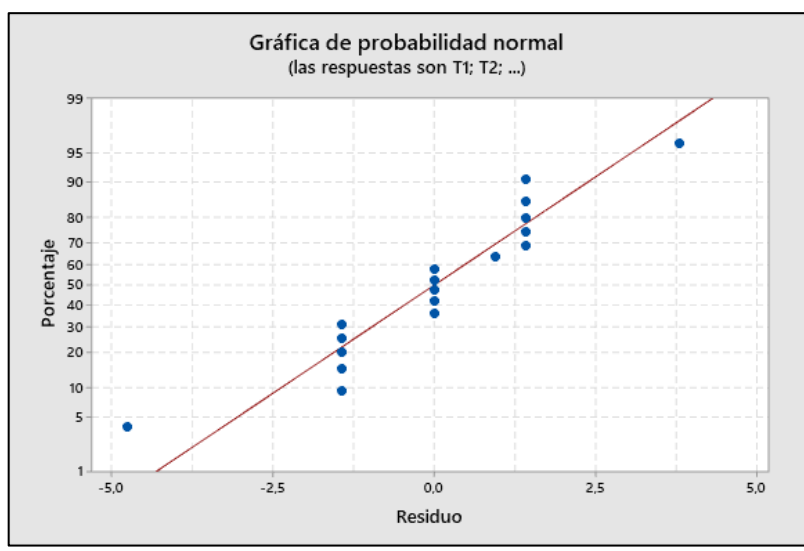
Realizado por: Angulo N., 2024.

La Tabla 4-67 presenta los resultados del método de comparación Tukey, donde se realizó una comparación estadística entre cada tratamiento para determinar su igualdad o diferencia. En este caso, se observa que los tratamientos T1, T5 y T6 son estadísticamente diferentes entre sí. Además, se registra que los tratamientos T5, T3 y T4 son estadísticamente iguales. A diferencia del resto el tratamiento T1 es estadísticamente diferente a todos los tratamientos.



**Ilustración 4-32:** Grafica de intervalos de Elongación vs Tratamientos

Realizado por: Angulo N., 2024.



**Ilustración 4-33:** Grafica de Probabilidad normal

Realizado por: Angulo N., 2024.

4.2.1.7. Anova de un factor para la Lastometría del sustituto de cuero

**Tabla 4-68:** Análisis de Varianza para la Lastometría del sustituto de cuero.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	5	0,000162	0,000162	1,11	0,441
Error	6	0,000873	0,000146		
Total	11	0,001684			

Realizado por: Angulo N., 2024.

La Tabla 4-68 muestra los resultados del análisis de varianza realizado utilizando los datos de elongación de la fibra de coco de cada tratamiento y repetición. Se obtuvo un valor p de 0,441, lo que indica que, dado que  $\alpha > 0,05$ , todas las medidas son iguales. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_a$ ) con un porcentaje de confianza del 95% y 5% de error.

**Tabla 4-69:** Análisis de Medias para la Lastometría del sustituto de cuero.

Factor	N	Media	Desviación Estándar	IC de 95 %
T1	2	10,05	0,00	(10,03; 10,07)
T2	2	10,0596	0,0164	(10,0387; 10,0804)
T3	2	10,0718	0,0010	(10,0510; 10,0927)
T4	2	10,0602	0,0174	(10,0394; 10,0811)
T5	2	10,05	0,00	(10,03; 10,07)
T6	2	10,0602	0,0174	(10,0394; 10,0811)

Realizado por: Angulo N., 2024.

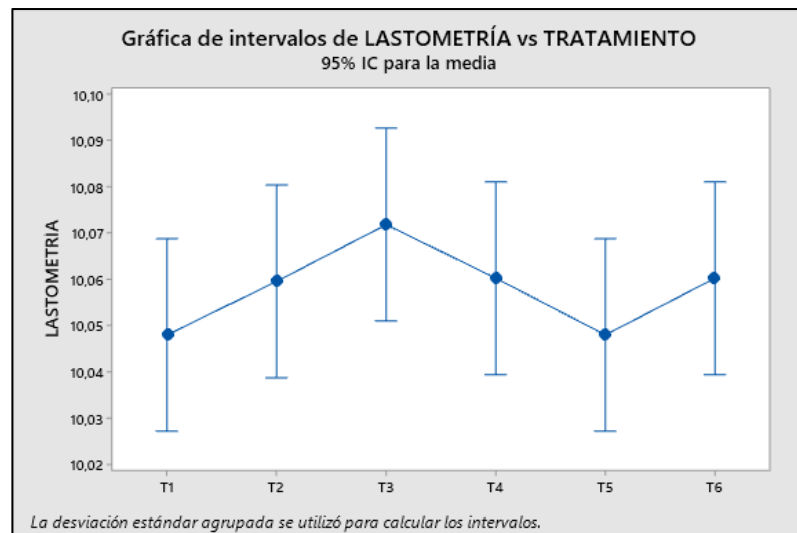
La tabla 4-69 presenta el análisis de medias y desviación estándar correspondiente a las medias de lastometría de cada tratamiento.

**Tabla 4-70:** Comparaciones en parejas utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

Factor	N	Media	Agrupación
T3	2	10,0718	A
T6	2	10,0602	A
T4	2	10,0602	A
T2	2	10,0596	A
T5	2	10,05	A
T1	2	10,05	A

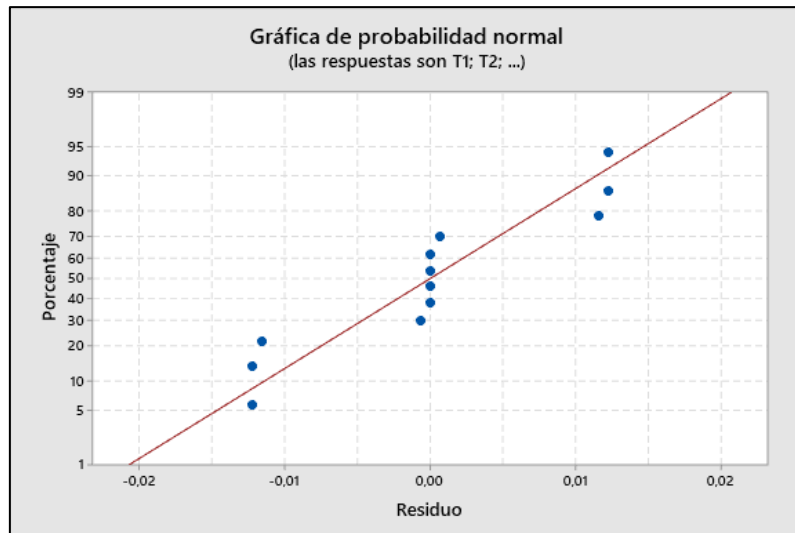
Realizado por: Angulo N., 2024.

La Tabla 4-70 muestra los resultados del método de comparación Tukey, donde se lleva a cabo una comparación estadística entre cada tratamiento para determinar su igualdad o diferencia. En este caso, se observa que todos los tratamientos comparten la misma letra, lo que indica que son estadísticamente iguales.



**Ilustración 4-34:** Grafica de intervalos de Lastometría vs Tratamientos

Realizado por: Angulo N., 2024.



**Ilustración 4-35:** Grafica de Probabilidad normal

Realizado por: Angulo N., 2024.

#### 4.2.2. Prueba de Medias

##### 4.2.2.1. Análisis de medias para la fibra vegetal de coco

Los análisis de medias realizados mediante los análisis de varianza ANOVA muestran, en todas las pruebas realizadas a excepción de la lastometría, que no todas las medias son iguales, lo que indica que al menos una de estas es estadísticamente diferente. Se obtuvieron valores p de la prueba de rendimientos de 0,000, de la prueba de tensión de 0,000 y de elongación de 0,001. Por otro lado, el valor p correspondiente a la lastometría fue de 0,758, lo que indica que todas las medias son estadísticamente iguales y que ninguna media es significativamente diferente. Por lo tanto, para comparar estas medias y determinar el mejor tratamiento, se utilizó el método de comparación Tukey. Se identificó que, para la prueba de rendimiento, el tratamiento T8 mostró el mejor rendimiento y se diferenció significativamente de la mayoría de los tratamientos. En cuanto a la prueba de tensión, también se identificó que el tratamiento T8 tuvo el mejor valor promedio de tensión, con 96,62 MPa. Para la prueba de elongación, se registró que los mejores tratamientos fueron T3 y T4, que se diferenciaron significativamente de los demás. Sin embargo, el tratamiento T3 tuvo el mejor valor promedio de elongación, con un 23,81%. Por último, para la prueba de lastometría, mediante el método de comparación Tukey, se confirmó que todos los valores en esta prueba son significativamente iguales, ya que comparten la misma letra. De esta forma, se identifica que el mejor tratamiento para la extracción de la fibra fue el T8, con una concentración del 5% de hidróxido de sodio y 15 minutos de cocción, ya que tuvo el rendimiento de extracción más alto y el mejor valor de tensión entre todos los tratamientos. Aunque no fue el

mejor tratamiento en cuanto al porcentaje de elongación, se puede considerar como el mejor tratamiento general.

#### *4.2.2.2. Análisis de medias para el sustituto de cuero*

Los análisis de varianza ANOVA realizadas para el sustituto de cuero nos ayuda a identificar que, para las pruebas de tensión y elongación, las cuales nos mostró resultados correspondientes al Valor-p de 0,001 y 0,000 respectivamente, se puede interpretar que no todas las medias son iguales y que al menos una es significativamente diferente o estadísticamente diferente a las demás. Por otra parte, para la prueba de lastometría del sustituto el análisis de varianza ANOVA nos da un resultado de 0,441. Lo que interpretaríamos que todas las medias son iguales, es decir son significativamente iguales o son. Para poder comparar las medias correspondientes en cada prueba se utilizó el método de comparación Tukey, donde se pudo identificar que para la prueba de tensión del sustituto el mejor tratamiento registrado fue el T1 con una media de tensión de 11,87MPa quien fue significativamente diferente a los demás tratamientos. Para la prueba de elongación se registró que el mejor tratamiento fue T1 con una media de elongación de 32,857% que mediante el método de comparación Tukey se puede identificar que es significativamente diferente al resto de tratamientos. Para la prueba de lastometría se comprobó que todas las medias son iguales, todos los tratamientos al compartir la misma letra se pueden interpretar que no son significativamente diferentes, en otras palabras, son estadísticamente diferentes.

Mediante el análisis de medias podemos destacar al tratamiento T1 como el óptimo para la elaboración del sustituto, al tener las mejores características comparados con los demás tratamientos.

### **4.3. Selección del tratamiento óptimo**

#### *4.3.1. Tratamiento óptimo de la extracción de la fibra de coco*

Se identificó que el tratamiento óptimo para la extracción de fibra de coco es el tratamiento T8, el cual utiliza una concentración del 5% de hidróxido de sodio y un tiempo de cocción de 15 minutos. Este tratamiento, considerado como el óptimo, tuvo un rendimiento de extracción de fibra del 32,15%. En cuanto a los análisis fisicoquímicos, el tratamiento T8 mostró los menores porcentajes de cenizas y humedad, con valores del 4,77% y 6,77% respectivamente, en comparación con los otros tratamientos evaluados.

Mediante el análisis de medias y el método de comparación de Tukey, se determinó que el tratamiento T8 es el óptimo en varias pruebas mecánicas. En la prueba de tensión, este tratamiento obtuvo el valor más alto de 96,62 MPa, siendo la media más elevada entre los tratamientos. Además, en la prueba de lastometría, el tratamiento T8 registró el porcentaje más alto de 10,06%. Aunque no tuvo el mejor porcentaje de elongación, cumple con los estándares necesarios en esta prueba.

#### **4.3.2. Tratamiento óptimo para la elaboración del sustituto de cuero**

Se seleccionó el tratamiento T1 para la elaboración del sustituto de cuero, el cual debe cumplir con los lineamientos establecidos por la INEN 555 y Norma IUP 4, 6 y 9.

Este tratamiento se identificó como el óptimo, ya que arrojó resultados satisfactorios en las pruebas fisicoquímicas y mecánicas, de las cuales incluye las pruebas de cenizas, humedad, tensión, elongación y lastometría. En las pruebas de cenizas se obtuvo un porcentaje del 1,72%, y un 3,38% de humedad. Por otro lado, en las pruebas mecánicas se registraron los valores más altos de tensión, elongación y lastometría, siendo de 11,87 MPa para tensión, 32,86% para porcentaje de elongación y 10,05 para lastometría.

Se puede realizar la comparativa de nuestro mejor tratamiento mediante la Norma INEN 555 donde establece que el cuero debe contar con una lastometría de 7,2 mm o mayor a esta, donde podemos determinar que cumple con la norma establecida. Mediante la norma IUP se puede identificar el cuero obtenido cumple con los requerimientos para la caracterización mecánica obteniendo valores aproximados a 2mm de espesor (IUP4), resultados de resistencia al desgarre y la resistencia de la capa de flor mediante la prueba de lastometría.

#### **4.4. Discusión**

Según (Domo & Pita, 2021 pág. 89), quienes elaboraron un sustituto de cuero con fibra de coco, las pruebas mecánicas se basaron en las normas IUP e INEN 1061 y 561, referentes al cuero. El sustituto de cuero elaborado obtuvo resultados correspondientes a una fuerza de 15,60 y 15,41 kg/cm<sup>2</sup> y un alargamiento de rotura entre el 42% y el 49%. Comparando dichos resultados con nuestro sustituto de cuero elaborado con fibra de coco se obtuvieron valores comparativos en cada tratamiento, para la comparativa se eligió el mejor tratamiento referente a las pruebas mecánicas evaluadas, para la tensión se obtuvo un valor de 11,87MPa y 32% de elongación, con estos resultados se puede decir que los valores obtenidos son mejores debido al recubrimiento aplicado para la elaboración este sustituto de cuero, siendo estas, resinas de alta cobertura y buena resistencia física. Aportándole al sustituto características parecidas al cuero convencional.

Según (Briguido et al., 2018 pág. 108) quienes caracterizaron el cuero fino de vaca a diferentes condiciones de temperatura y humedad, producto de las pruebas obtuvo resultados de tensión de 11,27; 15,94; 16,34; 15,60 y 15,38 todas en MPa. Dichos valores se registraron a partir de las muestras de cada tratamiento variando las condiciones antes mencionadas como temperatura y humedad. En base a esta investigación podemos interpretar que obtuvo una media entre tratamientos de 14,91MPa, lo cual, comparando con nuestro resultado óptimo, correspondiente al tratamiento T1, quien registro una tensión de 11,87MPa se puede considerar un valor muy parecido a la del cuero de vaca caracterizado.

Por otra parte, según (Briguido et al., 2018 pág. 108) quienes también caracterizaron al cuero de vaca mediante la prueba mecánica de elongación, obtuvieron resultados correspondientes a los tratamientos de 37,92%; 41,14%; 31,49%; 30,96% y 33,76%, teniendo un porcentaje de elongación promedio de 35,05%. Comparando este resultado de elongación promedio con nuestro mejor tratamiento se puede considerar que obtuvimos un porcentaje de elongación muy parecido al de cuero fino de vaca, con una elongación de 32,86%. Podemos considerar mediante los resultados obtenidos que el sustituto de cuero si cumple con las normas INEN establecidas para el cuero y por consecuente nuestro sustituto se asemeja al cuero. También podemos observar que, según (Baiza & Chafra, 2015 pág. 66), quien examinó los resultados de las pruebas físicas del cuero curtido al Cromo, se obtuvieron resultados correspondientes a las pruebas de tensión de 1487,96 N/cm<sup>2</sup>, equivalente a 14,88 MPa, un porcentaje de elongación de 61,25 y lastometría de 10,06. Se pueden identificar valores similares a los del sustituto de cuero elaborado con una tensión de 11,87 MPa y una lastometría de 10,05; sin embargo, existe una gran diferencia en el porcentaje de elongación en términos de media de elongación. Por lo tanto, aunque el sustituto de cuero no sea completamente similar al cuero, los buenos resultados obtenidos sugieren que podría convertirse en una alternativa viable.

#### **4.5. Comprobación de hipótesis**

##### **4.5.1. Comprobación de Hipótesis General**

- *¿Es posible realizar un cuero a base de la fibra de la cáscara del coco (Cocos nucifera)?*

Se logró desarrollar un sustituto de cuero utilizando fibra de la cáscara de coco, el cual demostró tener características similares a las del cuero en términos mecánicos, como la resistencia a la tensión, la elongación y la lastometría. Además, se caracterizó con propiedades fisicoquímicas,



como el porcentaje de humedad y de cenizas, donde se observaron buenas características que hacen de este sustituto a base de fibra de coco una alternativa más amigable.

#### **4.5.2. *Comprobación de Hipótesis Específicos***

- *¿Es posible obtener la fibra procedente de la cáscara de coco (Cocos nucifera) mediante un proceso químico de enriado en medio básico?*

Se comprobó a través de formulaciones que el método químico de extracción de fibras en medio básico es altamente efectivo para aumentar el rendimiento de la extracción de la fibra. Este método permite obtener una cantidad abundante de fibra sin causar daños internos. Por lo tanto, el tratamiento T8, utilizando una concentración del 5% de NaOH y 15 minutos de cocción, no solo garantiza un alto rendimiento en la extracción de fibras, sino que también contribuye a mantener o mejorar las propiedades mecánicas y fisicoquímicas de la fibra de coco.

- *¿El diseño experimental 2k nos ayuda a desarrollar la formulación óptima del sustituto de cuero?*

Se pudo comprobar que el diseño experimental nos ayuda a obtener el sustituto óptimo posible, considerando las propiedades y limitaciones de la fibra vegetal utilizada. Este diseño experimental nos permite modificar dos variables con el fin de obtener la mejor formulación y determinar cuál variable es más importante dentro de la composición del sustituto.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se elaboró un sustituto de cuero a partir de la fibra de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*). Compuesto además por fibras de poliéster y una mezcla de resinas (RD-A 1034 y RD-U 3040) que son ampliamente utilizadas en la industria del curtido por su característica de alta cobertura, con una proporción recomendada de 60/40 respectivamente. Estos componentes proporcionaron a nuestro sustituto una excelente resistencia, tenacidad, elasticidad, entre otras cualidades. Esto ayudó a mejorar sus propiedades fisicoquímicas y mecánicas, convirtiéndolo así en un sustituto muy similar al cuero. Por consiguiente, la elaboración de este sustituto contribuye a la búsqueda de nuevas alternativas para la fabricación de prendas, con el objetivo de reducir el impacto ambiental de la industria textil relacionada con el curtido.
- Se obtuvo la fibra procedente de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) mediante un proceso químico de enriado en medio básico, donde se usaron concentraciones de Hidróxido de Sodio de 1, 3 y 5 por ciento en tres diferentes tiempos de cocción de 10, 15 y 20 min, dando una totalidad de 9 tratamientos. Por consiguiente, se caracterizó la fibra mediante la Norma ISO 6938:2012 establecida para Textiles-Fibras Naturales, donde se puede determinar que esta fibra natural se encuentra dentro de la clasificación de fibras vegetales, incluida particularmente dentro del grupo de las fibras de estopa, compuesta principalmente por celulosa y otros componentes como la pectina, hemicelulosa y lignina, lo cual se confirmó mediante la prueba de infrarrojos realizada. Las pruebas fisicoquímicas y mecánicas nos permitieron obtener el mejor tratamiento para la obtención de la fibra de coco, siendo el tratamiento T8 el óptimo con resultados correspondientes a la tensión de 96,62 MPa, lastometría de 10,06%, humedad de 6,77% y Cenizas de 4,77%.
- Se implementó un diseño experimental 2k para desarrollar la formulación óptima del sustituto de cuero a base de fibra de cáscara de coco (*Cocos nucifera*) y resinas de alta cobertura como RED-U 3040 y RD-A 1034, donde se tomaron en consideraciones 3 variables, % de fibra de poliéster, el % de fibra de coco y la disposición de la fibra de coco, considerando las mezclas de resinas de alta cobertura 3040 (RED-U) y 176 (RD-A) como

constante en cada formulación, se pudo concluir que el T1 es el tratamiento óptimo para la elaboración del sustituto de cuero comprobadas mediante la caracterización fisicoquímica y mecánicas. Se aplicó el diseño factorial ANOVA para la discriminación de los datos obtenidos en la elaboración del sustituto de cuero, donde se determinó que para todas las pruebas de tensión y elongación tanto para la fibra como para el sustituto de cuero como los valores p fueron menores 0,05 manifestando así que al menos una de las medias sería estadísticamente diferente, también se determinó que para la prueba de lastometría todos los valores son estadísticamente iguales, dando valor resultante de 0,441.

- Se efectuó una comparativa detallada de las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del sustituto de cuero obtenido con respecto al cuero convencional, utilizando como referencia la norma *Internacional Union Physical Test (IUP)*, donde se logró obtener valores alentadores correspondientes al mejor tratamiento de 11,87 MPa para la tensión, 32,86% para el porcentaje de elongación, y 10,05mm para la lastometría. Además, se obtuvo un 1,72% en la prueba de cenizas y un 3,38% de humedad. Se pudo cumplir con la norma IUP 4, 6 y 9 correspondientes a la resistencia de desgarre, resistencia de la flor del cuero y espesor del cuero, las cuales nos ayudaron a verificar la resistencia del sustituto a la intensidad de tracción, elongación y resistencia de la flor del sustituto, donde comparando nuestro sustituto con el cuero convencional se logró tener valores muy parecidos. Para la prueba de lastometría se comparó el resultado obtenido con la norma INEN 555, donde se observa que, si cumple con dicha norma ya que supera los 7,2mm establecidos.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda remojar la estopa de coco antes del rasgado de la fibra, evitando así romper la fibra haciendo que esta sea mucho más corta.
- Se sugiere prensar el sustituto a temperaturas más bajas, pero con una mayor presión y tiempo de prensado, lo que contribuye a la calidad del sustituto de cuero, otorgándole una apariencia mejorada.
- Investigar y experimentar con métodos de extracción de fibra alternativos que sean más económicos y accesibles.
- Se aconseja preparar las probetas sin dejar poros ni espacios para la caracterización mecánica del sustituto, con el fin de evitar resultados falsos o exagerados.
- Para mejorar u optimizar tiempos de elaboración se recomienda realizar los procesos de secado en estufa, teniendo así mejores resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALI, F. et al.** "Fabrication and characterization of eco-friendly composite materials from natural animal fibers". *Revista Heliyon* [en línea], 2021, vol. 7 (5), págs. 1-6. ISSN: 2405-8440 [Consulta: 07 marzo 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06954>
2. **ALIEXPRESS.** *Cuero de becerro real*. [blog]. 2023. [Consulta: 05 febrero 2023]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/32465530959.html>
3. **ALLBIZ.** *Cuero nassau semianilina*. [blog] Argentina, 2024. [Consulta: 05 agosto 2023] Disponible en: <https://all.biz/ar-es/cuero-nassau-semianilina-g49873>
4. **ALVAREZ, A. et al.** "Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers". *Cellulose* [en línea], 2008, vol. 15, págs. 149–159. [Consulta: 14 agosto 2023]. ISSN 0969-0239. Disponible en: DOI:10.1007/s10570-007-9145-9
5. **ARIAS, Y. & JARAMILLO, V.** Exploración sobre exportación del producto colombiano derivado del cuero bovino. [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Negocios Internacionales). Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, Medellín-Colombia. 2020. págs. 1-9. [Consulta: 1 agosto 2023]. Disponible en: <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/5103>
6. **AWOKE, M. et al.** "Determination of the level of chromium (III) and comparison of chemical precipitating agents to recover and reuse it from tannery waste water, Desalination and Water Treatment ". *Science Direct*. [en línea], 2024, vol. 317, págs. 1-7. [Consulta: 06 agosto 2023]. ISSN 1944-3986. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100150>
7. **BAIZA, A. & CHAFLA, M.** Implementación de un prototipo mecánico para medir la resistencia a la rotura de la flor de cuero. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2015. pág. 66. [Consulta: 05 marzo 2024]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/5769>
8. **BELTRÁN, J. et al.** Cuero biodegradable a base de la cascara y las hojas de piña. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad EAN. Bogotá-Colombia. 2022. pág. 40. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10882/12579>
9. **BONILLA, O. et al.** "Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*)". *Revista Politécnica*. [en línea], 2009, (Ecuador), vol. 30 (1), págs. 168-169. [Consulta: 15 agosto 2023]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5549>
10. **BRIGUIDO, J. et al.** "Determinación de las propiedades mecánicas del cuero fino de vaca sometido a condiciones variadas de temperatura y humedad". *Revista de la Universidad de*

- Costa Rica* [en línea], 2018, (Costa Rica), vol. 28 (2), págs. 100-114. [Consulta: 04 marzo 2024]. ISSN: 2215-2652. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/ri.v28i2.30878>
11. **BUECHEL, T.** *Fibra de coco: un componente de los medios de cultivo, ProMix.* [blog]. Estados Unidos: Premier Tech, 2023. [Consulta: 08 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/fibra-de-coco-un-componente-de-los-medios-de-cultivo/#:~:text=La%20fibra%20de%20coco%20ofrece,para%20la%20turba%20de%20esfagno.>
  12. **BURBANO, L. et al.** "Análisis de la cadena agroalimentaria del coco (cocos nucifera) en la provincia de Manabí, Ecuador". *Revista La técnica.* [en línea], 2020, (Ecuador), vol. 10(2), págs. 43-72. [Consulta: 24 julio 2023]. ISSN 2477-8982. Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/search/authors/view?givenName=Neyfe&familyName=Sabl%C3%B3n%20Coss%C3%ADO&affiliation=Universidad%20T%C3%A9cnica%20de%20Manab%C3%AD&country=EC&authorName=Sabl%C3%B3n%20Coss%C3%ADO%2C%20Neyfe>
  13. **BUÑAY, N.** Adsorción de cromo (III) de aguas residuales de la curtiembre “el al-ce” del cantón Guano mediante filtración con polvo de vicia faba para reducir el nivel de contaminación. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022. pág. 5. [Consulta: 10 agosto 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17157>
  14. **CURTIDOS CABEZAS.** *Cuero de cabra con curtido vegetal.* [blog]. España. 2024. [Consulta: 05 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.curtidoscabezas.com/es/categorias-de-productos/1685-cuero-cabra-color-natural.html>
  15. **CURTIDOS EFREN SL.** *Cuero Napa Confección ovino.* [blog]. España. 2019. [Consulta: 05 febrero 2024]. Disponible en: <https://curtidosefren.com/producto/cuero-napa-confeccion-ovino/>
  16. **DEAQUIZ, Y. & MORENO, B.** "Producción y biosíntesis de fibras vegetales". *Conexión Agropecuaria JDC* [en línea], 2016, (Colombia) vol. 6 (1), págs. 29-42. [Consulta: 16 agosto 2023]. ISSN2248-7735. Disponible en: <https://revista.jdc.edu.co/index.php/conexagro/article/view/53>
  17. **DOMO, C. & PITA, K.** Análisis paramétrico del cuero sintético elaborado con fibra de coco como sustituto del cuero animal en el ecuador. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica de Manabí. Manabí-Ecuador. 2021. pág. 89. [Consulta: 03 marzo 2024]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/356221618\\_ANALISIS\\_PARAMETRICO\\_DEL](https://www.researchgate.net/publication/356221618_ANALISIS_PARAMETRICO_DEL)

\_CUERO\_SINTETICO\_ELABORADO\_CON\_FIBRA\_DE\_COCO\_COMO\_SUSTITUT  
O\_DEL\_CUERO\_ANIMAL\_EN\_EL\_ECUADOR

18. **DYESANDINA.** *Fichas técnicas Resinas RD-U 3040, RD-A 1034 y RD-B 176.* 2020. [Consulta: 20 febrero 2024].
19. **ESTRADA, M.** Extracción y caracterización mecánica de las fibras de bambú (*Guadua angustifolia*) para el refuerzo de materiales compuestos. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de los Andes. 2009. [Consulta: 14 agosto 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/11158>
20. **FACULTAD DE DISEÑO Y COMUNICACIÓN.** "Innovación de cuero oportunidad para el diseños". *Diseño en Palermo. III Encuentro Latinoamericano de Diseño* [en línea], 2008, (Argentina). págs. 31-248. [Consulta: 1 agosto 2023]. ISSN 1850-2032. Disponible en: <https://doi.org/10.18682/add.vi5.3165>
21. **GREENPEACE.** *Cueros tóxicos: Nuevas evidencias de contaminación de curtiembres en la Cuenca Matanza-Riachuelo.* [blog] Argentina, 2012. [Consulta: 24 julio 2023] Disponible en: [https://www.dpn.gov.ar/documentos/20160517\\_30814\\_556734.pdf](https://www.dpn.gov.ar/documentos/20160517_30814_556734.pdf).
22. **HERNÁNDEZ, N. et al.** "Caracterización química de la Fibra de Coco (*Cocos nucifera L.*) de México utilizando Espectroscopía de Infrarrojo (FTIR)". *Revista Ingeniería y Región* [en línea], 2018, (Mexico) vol. 20 (1), págs. 68-72. [Consulta: 10 febrero 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.25054/22161325.1914>
23. **IPPC.** " Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Tanning of Hides and Skins ". *Institute for prospective technological studies.* [en línea], 2001, (España). pág. 108. [Consulta: 10 agosto 2023]. ISSN 1831-9424. Disponible en: <https://doi.org/10.2788/52966>
24. **IULTCS.** *Cuero net-normas IUC IUF IUP.* [blog]. 2001. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: [https://www.biblioteca.org.ar/libros/cueros/normas\\_iuc\\_iuf\\_iup.htm](https://www.biblioteca.org.ar/libros/cueros/normas_iuc_iuf_iup.htm).
25. **IZURIETA, O. & VÉLEZ, M.** Estudio del aprovechamiento de algunos productos derivados del coco a nivel industrial. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Politécnica Nacional. 1989. págs. 52-55. Quito-Ecuador. [Consulta: 11 agosto 2023]. Disponible en: [https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4298&shelfbrowse\\_itemnumber=4540](https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4298&shelfbrowse_itemnumber=4540)
26. **LINDO CAMPO.** *El cuero de bovino y su utilidad.* [blog]. 2019. [Consulta: 05 febrero 2024]. Disponible en: <https://lindocampo.com/en/leather/>
27. **MANOBANDA, P.** Impacto en los costos de producción de las empresas curtidores industriales en la ciudad de Ambato por el cumplimiento de la legislación ambiental ecuatoriana vigente 2016. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2017 pág 2. Disponible en:

- <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16999>
28. **MAZÓN, G.** Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster con fibra de coco para la determinación de propiedades mecánicas en aplicaciones industriales. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 2017. págs. 21-25. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25131>
  29. **MOSQUERA, J. & ZHAPÁN, M.** Obtención de fibras textiles a partir de residuos agrícolas. [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad de Azuay. Cuenca-Ecuador. 2019. pág. 65. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9144>
  30. **NEOATTACK, N.** *Tipos de Cuero: Descubre Todos los que existen*, *Arteycuero Artesanía*. [blog]. 2018. [Consulta: 02 agosto 2024]. Disponible en: <https://www.arteycuero.com/tipos-cuero/>.
  31. **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN.** *Perspectivas a Plazo Medio de los Productos Básicos Agrícolas*. Rome, 2004.
  32. **ORTEGA, J. et al.** Propuesta de agroindustrialización del coco como una estrategia para la contribución económica al desarrollo rural de la comunidad de la isla el espíritu santo, puerto el triunfo en el departamento de Usulután. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de El Salvador. San Salvador-El Salvador. 2005. págs. 69-151.
  33. **OZAPATO.** *Todo sobre el cuero*. [blog]. Mexico. 2021. [Consulta: 02 agosto 2023]. Disponible en: <https://ozapato.com/todo-sobre-el-cuero/#:~:text=El%20cuero%20proviene%20de%20una,apropiadas%20para%20su%20posterior%20manipulaci%C3%B3n>.
  34. **PROBOCA.** *Cuero de Cerdo*. [blog]. México. 2023. [Consulta: 05 febrero 2024]. Disponible en: <https://proboca.net/product/cuero-de-cerdo/>
  35. **QIWA.** *Teñido de las Pieles: Los Tipos de Acabados de Cuero y Sus Aplicaciones – Parte II*. [blog]. 2023. [Consulta: 16 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.qiwacueros.com/tenido-de-las-pieles-como-se-colorea-el-cuero-parte-ii/>
  36. **ROWELL, R.** "Natural fibres: types and properties". *Woodhead Publishing in Materials: Properties and performance of natural-fiber composites* [en línea], 2008, (Inglaterra) vol. 1, págs. 3–66. [Consulta: 14 agosto 2023]. Disponible en: DOI:[10.1533/9781845694593.1.3](https://doi.org/10.1533/9781845694593.1.3)
  37. **SALINAS, D. & SILVA, M.** "La Contaminación Proveniente de la Industria Curtiembre, Una aproximación a la realidad ecuatoriana". *Revista Científica Uisrael* [en línea], 2022, (Ecuador), vol. 9 (1), págs. 69–80. [Consulta: 24 julio 2023]. ISSN: 2631 - 2786. Disponible en: <https://doi.org/10.35290/rcui.v9n1.2022.427>.

38. **SERMA.NET.** *Acabado o terminación en cueros.* [blog]. Argentina. 2019. [Consulta: 2 agosto 2023]. Disponible en: <https://serma.net/noticias/tecnicas/acabado-o-terminacion-en-cueros>
39. **TARRAGO, B.** *¿Cómo cuidar la piel anilina?.* [blog]. España. 2012. [Consulta: 16 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.tarrago.com/es/como-cuidar-la-piel-anilina/>
40. **TORRES, L.** "Tipos de acabados sobre cuero". *Revista Enlace Químico* [en línea], 2011, (Mexico) vol. 3 (2), págs. 40-49. [Consulta: 06 agosto 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/6246>





**ANEXOS**

**ANEXO A: OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA (COCO)**

a)



b)

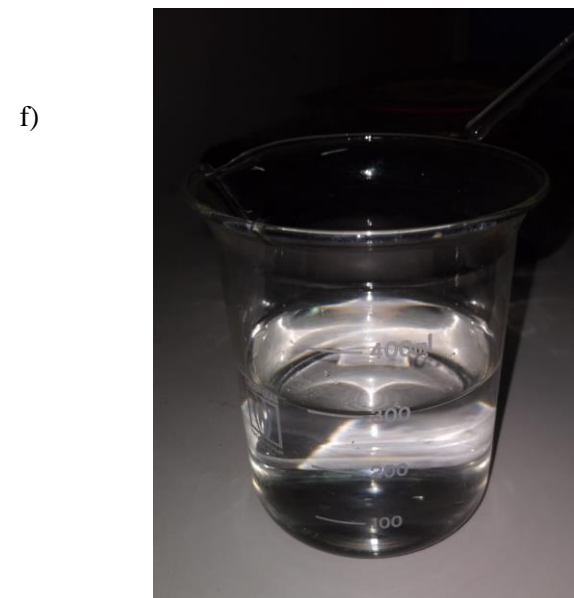
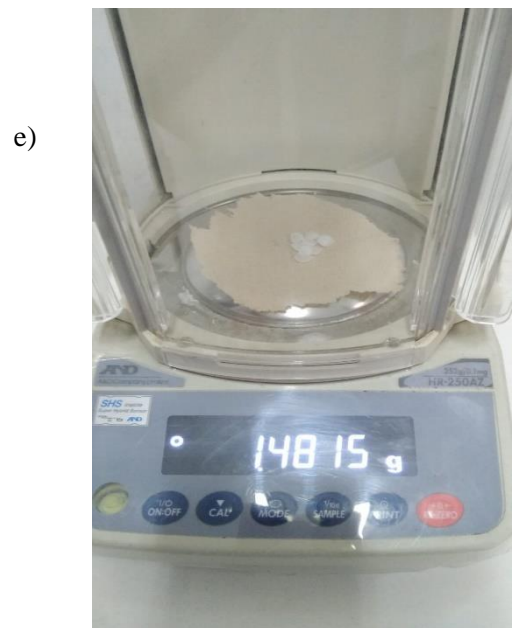


c)



<b>NOTAS:</b> a) Lote de la materia prima del coco. b) Remojo del lote. c) Materia prima rasgada.	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA</b> ELABORADO POR: Angulo, N.			OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA		
					<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		01	1:1	2024/03/08			

**ANEXO B: OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE COCO I**



<b>NOTAS:</b>			OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA		
d) Materia prima rasgada en remojo.	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA</b> ELABORADO POR: Angulo, N.	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
e) Pesaje del NaOH			01	1:1	2024/03/08
f) Solución de NaOH					

## ANEXO C: OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE COCO II

g)



h)



i)



### NOTAS:

- g) Materia prima en solución.  
 h) Materia prima en solución en ebullición.  
 i) Fibra obtenida del coco.

### CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado                       Preliminar  
 Certificado                    Por aprobar  
 Información                    Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE  
 CHIMBORAZO  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA  
 ELABORADO POR:  
 Angulo, N.

### OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
01	1:1	2024/03/08

**ANEXO D: OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE COCO III**

j)



k)



l)



**NOTAS:**

- j) Fibra antes del blanqueado.
- k) Blanqueado en solución de peróxido de hidrogeno.
- l) Fibra blanqueada.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA**  
 ELABORADO POR:  
 Angulo, N.

**OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
01	1:1	2024/03/08

**ANEXO E: ESPECTROFOTOMETRÍA DE INFRARROJO DE LA FIBRA DE COCO**

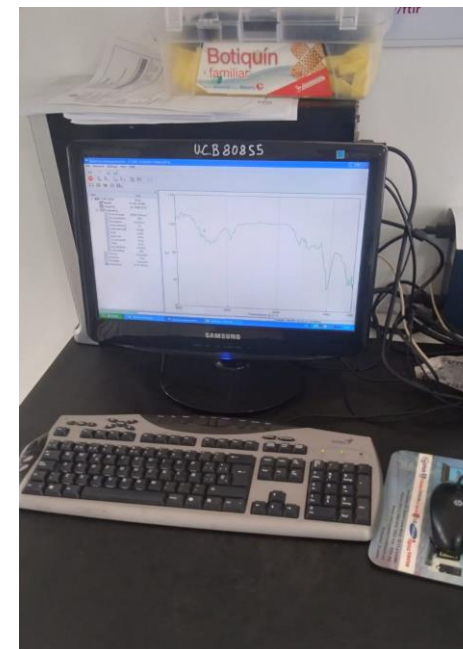
m)



n)



o)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA</b> ELABORADO POR: Angulo, N.	<b>ESPECTROFOTOMETRÍA DE INFRARROJO DE LA FIBRA DE COCO</b>		
m) Muestra blanqueada y no blanqueada. n) Espectrofotómetro de IR. o) Análisis de resultados de la fibra de coco.			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			01	1:1	2024/03/08

**ANEXO F: PRUEBAS MECÁNICAS DE LA FIBRA DE COCO**

p)



q)



r)



**NOTAS:**

- p) Muestras para la prueba de tensión y elongación.
- q) Prueba de tensión y elongación de la fibra.
- r) Resultados de la prueba de tensión de la fibra.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA**  
 ELABORADO POR:  
 Angulo, N.

PRUEBAS MECÁNICAS DE LA FIBRA DE COCO

LÁMINA	ESCALA	FECHA
01	1:1	2024/03/08

**ANEXO G: PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DE LA FIBRA DE COCO I**

s)



t)



u)



**NOTAS:**

- s) Muestras para la prueba de % de humedad.
- t) Termobalanza.
- u) Muestra prueba de cenizas de la fibra.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA**  
 ELABORADO POR:  
 Angulo, N.

PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DE LA FIBRA DE COCO I

LÁMINA	ESCALA	FECHA
01	1:1	2024/03/08

## ANEXO H: PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DE LA FIBRA DE COCO II

v)



w)



x)



### NOTAS:

- v) Fibras carbonizadas.  
 w) Cenizas de la fibra de coco,  
 x) Cenizas de la fibra en el desecador.

### CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado                       Preliminar  
 Certificado                    Por aprobar  
 Información                   Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE  
 CHIMBORAZO  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA  
 ELABORADO POR:  
 Angulo, N.

PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DE LA FIBRA  
 DE COCO II

LÁMINA	ESCALA	FECHA
01	1:1	2024/03/08



**ANEXO I: ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO I**

y)



z)



aa)



<b>NOTAS:</b> y) Resinas RD-U 3040, RD-A 1034 y compacto RD-B 176. z) Disposición de la fibra (Aleatoria). aa) Disposición de la fibra (90°).	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA</b> ELABORADO POR: Angulo, N.	ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO I		
	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar		01	1:1	2024/06/08
<input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar					

**ANEXO J: ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO II**

bb)



cc)



dd)



**NOTAS:**

- bb) Mezcla de compacto con pigmento para cueros.
- cc) Sustituto compactado.
- dd) Sustituto en proceso de secado.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA**  
 ELABORADO POR:  
 Angulo, N.

ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO II

LÁMINA	ESCALA	FECHA
01	1:1	2024/03/08

**ANEXO K: ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO III**

ee)



ff)



gg)



<b>NOTAS:</b>		<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA</b> ELABORADO POR: Angulo, N.	ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO III		
ee) Sustituto de cuero antes del prensado.		<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
ff) Prensadora.		<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar		01	1:1	2024/03/08
gg) Prensado.		<input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar				

**ANEXO L: PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DEL SUSTITUTO DE CUERO**

hh)



ii)



jj)



<b>NOTAS:</b>		<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Angulo, N.			PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DEL SUSTITUTO DE CUERO		
hh)	% DE Humedad del sustituto.	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar						
ii)	Termobalanza.	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	01	1:1	2024/03/08			
jj)	Prueba de cenizas del sustituto.	<input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar						

**ANEXO M: PRUEBAS MECÁNICAS DEL SUSTITUTO DE CUERO**

kk)



ll)



mm)



**NOTAS:**

kk) Probetas para las pruebas de tensión, elongación y lastometría.  
 ll) Secado de muestras.  
 mm) Pruebas mecánicas del sustituto.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA**  
 ELABORADO POR:  
 Angulo, N.



PRUEBAS MECÁNCAS DEL SUSTITUTO DE CUERO

LÁMINA	ESCALA	FECHA
01	1:1	2024/03/08



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 02/ 08 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
Nelson Ariel Angulo Orrala
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Químico
 <b>Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas</b> <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b>  <b>Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos</b> <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b>