

**OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA MEDIANTE LA APLICACIÓN
DE LA ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA TRANSFORMACIÓN DE
RESIDUOS TEXTILES URBANOS EN LAS COMUNAS 3 Y 4 DEL
MUNICIPIO DE VALLEDUPAR**



AUTORES:

**JUAN ARMEL SIERRA MAHECHA
SANTIAGO GUERRA DE ÁVILA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR
2024**

**OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA MEDIANTE LA APLICACIÓN
DE LA ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA TRANSFORMACIÓN DE
RESIDUOS TEXTILES URBANOS EN LAS COMUNAS 3 Y 4 DEL
MUNICIPIO DE VALLEDUPAR**

AUTORES:

JUAN ARMEL SIERRA MAHECHA
SANTIAGO GUERRA DE ÁVILA

DIRECTORA

KARINA PAOLA TORRES CERVERA
MAGISTER MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

ASESOR/CODIRECTOR

YIM JAMES RODRIGUEZ DIAZ
DOCTORADO EN EDUCACIÓN

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR
2024**

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado a todas las personas que han sido pilares fundamentales a lo largo de mi vida académica y personal. A mis padres, por su amor incondicional, su constante apoyo y su sacrificio para brindarme las mejores oportunidades. A mis hermanos, por su compañía y aliento en cada paso del camino. A mis amigos, por compartir risas, alegrías y desafíos, y por ser mi red de apoyo inquebrantable. Y en especial, a Tyler y a Josh (-/-) por ser ese faro que me guía y me da fuerza y esperanza en los momentos difíciles.

Juan Armel Sierra Mahecha

Dedico este proyecto de grado a mis padres, por su inquebrantable apoyo, amor y sacrificio a lo largo de mi educación. A mi familia, por ser mi fuente constante de inspiración y motivación. A mis amigos y compañeros de estudio, por compartir conmigo este viaje académico y brindarme su aliento en los momentos más desafiantes. A mis profesores y mentores, por su orientación experta y su guía invaluable a lo largo de este proceso de aprendizaje. A todos aquellos que creyeron en mí y me alentaron a perseguir mis sueños. Este logro es tanto suyo como mío. ¡Gracias por ser parte de este viaje y por ayudarme a llegar hasta aquí!

Santiago Guerra De Avila

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi directora de proyecto Karina Paola Torres Cervera y a mi codirector Yim James Rodríguez Díaz, por su orientación experta, sus comentarios perspicaces y su dedicación a lo largo de este proyecto. Su guía y mentoría fueron fundamentales para mi crecimiento académico y profesional. También quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que participaron de alguna forma para este estudio. Su disposición a compartir su tiempo y conocimientos fue fundamental para el éxito de esta investigación.

Juan Armel Sierra Mahecha

Quiero expresar mi gratitud a mis padres, Fanny María De Avila Luna y Osmel Antonio Guerra Tirado por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sacrificios para hacer posible mi educación universitaria, su aliento y confianza en mí han sido mi mayor inspiración, a mis amigos y seres queridos por su comprensión, paciencia y ánimo durante los momentos desafiantes de este viaje. Su apoyo incondicional me ha dado fuerzas para seguir adelante y superar obstáculos. Finalmente agradecer a mi director y codirector académico Karina Paola Torres Cervera y Yin James Rodríguez por su orientación y dedicación a lo largo del proyecto. A todos ustedes, ¡muchas gracias!

Santiago Guerra De Avila

RESUMEN

Se resalta la imperiosa necesidad de abordar de prácticas de reciclaje en la industria textil, donde solo una fracción mínima de los materiales textiles se reutiliza. También, se destaca la importancia de proyectos basados en la economía circular para impulsar la transformación económica y reducir la informalidad en el reciclaje. Colombia, a pesar de su relevancia en la industria textil, enfrenta obstáculos significativos debido a la falta de instrumentos para implementar el reciclaje, lo que dificulta la adopción de modelos de economía circular.

La investigación propuesta se enfoca en obtener materia prima a partir de residuos textiles urbanos mediante el modelo "cuna a cuna" de economía circular, con el fin de fabricar capelladas de manera artesanal. Se aprovecharon, reciclaron y transformaron los residuos textiles de las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar, departamento del Cesar, mediante procesos como: recolección, clasificación, trituración, cardado, hilatura y tejido. El objetivo fue reintroducir estos residuos textiles en el ciclo productivo para reducir la carga contaminante en los sitios de disposición final y contribuir así a la sostenibilidad ambiental y económica local. A su vez, se demostró que la resistencia a la rotura de los hilos está directamente relacionada con la proporción de fibras recicladas que poseen. De esta forma, se abordaron desafíos ambientales, económicos y sociales generados por el sector textil mediante prácticas de reciclaje y economía circular.

ABSTRACT

The urgent need to address recycling practices in the textile industry is highlighted, where only a minimal fraction of textile materials is reused. Additionally, the importance of projects based on circular economy principles is emphasized to drive economic transformation and reduce informality in recycling. Despite its relevance in the textile industry, Colombia faces significant obstacles due to the lack of instruments to implement recycling, hindering the adoption of circular economy models.

The proposed research focuses on obtaining raw material from urban textile waste through the "cradle to cradle" model of circular economy, in order to manufacture handmade uppers. Textile wastes from communes 3 and 4 of the municipality of Valledupar, department of Cesar, were used, recycled and transformed through processes such as: collection, classification, shredding, carding, spinning and weaving. The objective was to reintroduce these textile wastes into the production cycle to reduce the pollution load at the final disposal sites and thus contribute to local environmental and economic sustainability. At the same time, it was demonstrated that the breaking strength of yarns is directly related to the proportion of recycled fibers they contain. In this way, environmental, economic and social challenges generated by the textile sector were addressed through recycling and economic practices.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	17
3. OBJETIVOS	18
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4. MARCO REFERENCIAL.....	19
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
4.2. MARCO TEÓRICO.....	22
4.3. MARCO CONCEPTUAL	27
4.4. MARCO CONTEXTUAL	28
4.5. MARCO LEGAL.....	30
5. MARCO METODOLÓGICO.....	32
5.1. LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN.....	32
5.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	32
5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	33
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	33
5.5. MUESTRA POBLACIONAL	34
5.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	34
5.7. DESARROLLO METODOLÓGICO	36
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	55
7. CONCLUSIONES	118
8. RECOMENDACIONES.....	121

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
ANEXOS	131

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo del modelo de economía circular	24
Figura 2. Polígono de coordenadas de las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar.....	28
Figura 3. Mapa político de la jerarquía colombiana	29
Figura 4. Fotos de la recolección de residuos textiles	72
Figura 5. Cuantificación de PPC de los residuos textiles recolectados	74
Figura 6. Determinación de la muestra de procesamiento	75
Figura 7. Caracterización de la muestra de procesamiento	77
Figura 8. Caracterización de la muestra de procesamiento	78
Figura 9. Acondicionamiento y lavado de la muestra de procesamiento	79
Figura 10. Triturado manual de la fracción textil	80
Figura 11. Dimensionamiento de las astillas	81
Figura 12. Cardado manual de la fibra Cardado manual de la fibra textil	81
Figura 13. Cardado manual de la fibra textil	83
Figura 14. Presencia de grumos en las astillas sinteticas	84
Figura 15. Prueba de torción	84
Figura 16. Proceso de hiladura	86
Figura 17. Proceso de hiladura	86
Figura 18. Ensayo de tracción o rotura	87
Figura 19. Ensayo de tracción o rotura	88
Figura 20. Promedio por muestras y resistencia	96
Figura 21. Comparación resultados ensayos de tracción.....	97
Figura 22. Proceso de tejido manual.....	98

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas geográficas de acuerdo con el sistema de georeferenciación geográfica.....	28
Tabla 2. Definición de las fracciones textiles	36
Tabla 3. Barrios que sondear por comunas	37
Tabla 4. Datos de recolección de residuos textiles por comunas.....	38
Tabla 5. Composición de las muestras de fibras textiles obtenidas del proceso de trituracion	42
Tabla 6. Composición de las muestras finales de fibras textiles o astillas	43
Tabla 7. Identificación de los aspectos de entrada y salida de cada actividad de la investigacion	46
Tabla 8. Determinación precio de mercado de las astillas	52
Tabla 9. Determinación precio de mercado de los hilos	53
Tabla 10. Determinación precio de mercado de las telas uniformes	54
Tabla 11. Definición de las fracciones textiles	56
Tabla 12. Datos de recolección de residuos textiles de la comuna 3.....	56
Tabla 13. Datos de recolección de residuos textiles de la comuna 4.....	63
Tabla 14. Datos promedio de habitantes y recolección de residuos textiles de las comunas 3 y 4	70
Tabla 15. Definición de las fracciones textiles	76
Tabla 16. Composición de las muestras de fibras textiles obtenidas del proceso de triruracion	82
Tabla 17. Resultados de ensayo de tracción	89
Tabla 18. Diseño experimental completamente aleatorio	90
Tabla 19. Análisis De La Varianza (ANOVA)	91
Tabla 20. Identificación de los aspectos de entrada y salida de cada actividad de procesamiento	100
Tabla 21. Determinación precio de mercado de las astillas	111
Tabla 22. Determinación precio de mercado de los hilos	114
Tabla 23. Determinación precio de mercado de las telas uniformes	117

**OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA MEDIANTE LA APLICACIÓN
DE LA ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA TRANSFORMACIÓN DE
RESIDUOS TEXTILES URBANOS EN LAS COMUNAS 3 Y 4 DEL
MUNICIPIO DE VALLEDUPAR**





INTRODUCCIÓN

A nivel general América Latina sufre un déficit respecto a la cultura del reciclaje que genera impactos al medio ambiente, se convierte en prioridad implementar medidas que estén encaminadas a buscar la reducción de carga contaminante mediante la transformación de los residuos sólidos por medio del reciclaje. Según (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD], 2017, p. 6-40) en su Informe Nacional de Aprovechamiento, solo el 0,2% del material textil es aprovechado, por tal motivo, es importante la aparición de proyectos acobijados por la economía circular que moldeen el camino a la transformación económica, para que disminuya la informalidad del reciclaje y con suerte establecer un cambio que nos brinde una salida para garantizar una mejor calidad del ambiente a las generaciones futuras, minimizando la afectación a los recursos con los que disponemos hoy.

El sector textil-confección ha conseguido un gran desarrollo mundial y nacional, considerándose una de las actividades económicas más importantes, también en la ampliación industrial del país por sus grandes contribuciones al empleo, la modernización, la tecnología y la economía en general (Superintendencia de Sociedades, 2017). Al adentrarnos en la industria textil-confecciones de Colombia, notamos que cuenta con un procesado de alrededor de 200.000 toneladas métricas de fibras, de un total internacional de 56 millones de toneladas, lo que equivalea un 0,36% de la producción mundial (Legiscomex, 2012). Por tanto, es una de las más importantes de América, esta cuenta con una manufactura muy sólida, en la cual el proceso de producción de la cadena productiva está compuesto por las siguientes etapas: fabricación de fibras, hilatura de fibras textiles, tejeduría y acabado de textiles, y confección de prendas de vestir y fabricación de otros productos textiles (Nieto et al., 2017).

No obstante, según el Departamento Nacional de Planeación, Colombia carece de instrumentos técnicos, económico-financieros, de mercado, sociales y político institucional, lo que dificulta la implementación del reciclaje textil (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2017). En mayor proporción, esto representa una barrera en la adopción de modelos de economía circular.

La presente investigación estuvo direccionada a la obtención de materia prima (tejido o tela uniforme) necesaria para fabricar capelladas de manera artesanal, mediante la

implementación del modelo de “cuna a cuna” (reutilizar un residuo íntegramente una vez finalizado su ciclo de vida) de la economía circular, se plantea aprovechar, reciclar y transformar residuos textiles urbanos de las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar, en el departamento del Cesar. A través del procesamiento de los residuos textiles post-consumo, se elaboraron insumos necesarios para la obtención final de materia prima. Acciones como la recolección, clasificación, trituración, cardado, hilatura y tejido fueron necesarios para cumplir con el fin de la investigación. De esta forma, se reintrodujeron los residuos textiles al ciclo productivo para disminuir la carga contaminante en los sitios de disposición final.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de la industria textil ocurren grandes afectaciones al medio ambiente, mayormente en las etapas de producción y eliminación de textiles, convirtiéndola en una de las más contaminantes del mundo. Problemas como la degradación del suelo, las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del agua por agentes químicos son ocasionados por factores necesarios para el desarrollo de la industria (Shirvanimoghaddam et al., 2020a). El uso de materias primas (sintéticas o naturales), la gran cantidad de agua y energía utilizada, el transporte y el tratamiento empleado para desechar ciertos residuos producidos provocan graves consecuencias en el ecosistema. Se sabe que por cada kilogramo de tejido textil producido globalmente se consume cerca de 0.6kg de petróleo equivalente y se emiten 2kg de CO₂ a la atmósfera (Allwood et al., 2006a).

En la actualidad el país presenta un inadecuado tratamiento y desaprovechamiento de los residuos textiles, en este tipo de industria, si bien los residuos se producen en todo el ciclo del producto, alrededor del 90% del residuo proviene del consumidor en el momento en que decide tirar su ropa (Allwood et al., 2006b). Gran parte de este “desecho” no se rehúsa ni se recicla y acaba en botaderos a cielo abierto y rellenos sanitarios, una vez ahí, el proceso de descomposición de los materiales tarda mucho tiempo y a su vez genera gases de efecto invernadero (Shirvanimoghaddam et al., 2020b).

Actualmente la ciudad de Valledupar tiene un nivel de producción mensual de 12,051 toneladas de residuos sólidos en la zona urbana. Y a pesar de que cada vez se reduce la vida útil del relleno sanitario Los Corazones (cuya capacidad es de 2.800.000 toneladas aproximadamente), el programa de disposición final de residuos presenta obstáculos como la falta de compromiso por parte de los generadores para llevar a cabo medidas que reduzcan la cantidad de residuos dispuestos en el relleno sanitario (Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos [PGIRS], 2021a). Por lo que la problemática central radica en la no realización de una adecuada separación y/o aprovechamiento general de los residuos. No obstante, según el Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos (PGIRS), los contados materiales que si son aprovechados se caracterizan principalmente por su capacidad de estabilidad comercial y no por el uso potencial de circularidad y sostenibilidad ambiental que poseen (PGIRS, 2021 b).

Lo que evidencia la exclusión de residuos aprovechables como los textiles que ni siquiera son contemplados como una categoría propia de “residuos” en el PGIRS actual. Esta limitación afecta a investigaciones académicas que requieren datos sobre la generación de residuos textiles en la ciudad, resaltando la necesidad de establecer un sistema de aprovechamiento para convertirlos en recursos valiosos. (Bureau of International Recycling [BIR], 2018a) señala que con la reutilización de materiales recuperados en los procesos de fabricación o en los ciclos de consumo, descienden las emisiones de CO₂ en comparación con la producción de materiales vírgenes. Los residuos post-consumo son generados tras haber agotado su vida útil. Según Cobbing et al., (2019), una persona promedio solo se pone la ropa entre siete y diez veces antes de desecharla, esta problemática se origina en los hogares, ya que la sociedad presenta nuevos hábitos de consumo, prácticas que derivan en el aumento del consumo de ropa, a la que cada vez le damos menor uso antes de cambiarla por otra nueva.

Una solución ante esta problemática es aplicar el concepto de economía circular, el cual consiste en una alternativa al modelo económico actual caracterizado por una alta demanda de recursos y energía, el nuevo modelo se basa en priorizar la disminución, recuperación, reciclaje/reutilización de residuos provenientes del consumo de un producto (residuos post-consumo) con el fin de incentivar el uso de materiales no vírgenes en los procesos productivos (Chen et al., 2022). Estos residuos post-consumo pueden ser utilizados para la creación de un producto post-consumidor. De esta forma, la intención es transformar los residuos textiles como la ropa del hogar en materia prima para la fabricación de calzado artesanal, reduciendo así, la cantidad de residuos textiles generados y los que se produzcan se les dé un nuevo uso.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el costo - beneficio del aprovechamiento de los residuos textiles?

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El manejo adecuado de los residuos textiles es la principal razón por la que se desarrolla esta investigación, debido a que la mayoría de estos terminan en los sitios de disposición final sin tratamiento alguno, resulta necesario formular nuevas estrategias de gestión que puedan contrarrestar los impactos ambientales significativos en países cuyas instalaciones de manejo de residuo son deficientes por la falta de políticas ambientales (Browning et al., 2021; Schreck et al., 2017).

Por lo que, la importancia de reutilizarlos radica en ayudar a extender su ciclo de vida para que no lleguen en periodos cortos a los rellenos sanitarios y disminuir así la carga contaminante, también nos direcciona a crear y enfocar la utilización de estos recursos para nutrir la economía circular; es decir, nos centramos en devolver estos residuos a un ciclo útil mediante acciones como el reciclaje, la reutilización y la transformación que contribuyen directamente a la reducción de los índices de contaminación. De esta forma, estos residuos textiles postconsumo pueden ser utilizados para la creación de un producto nuevo. Con el eventual aprovechamiento, se puede producir una disminución de las emisiones de CO₂, concretamente al recolectar 1Kg de ropa utilizada se pueden reducir 3,6 kg de emisiones de CO₂, 6000 litros de consumo de agua, 0,3kg de utilización de fertilizantes, y 0,2 kg de utilización de pesticidas (BIR, 2018 b).

En este sentido, esta investigación pretende aportar nuevos puntos de vista y estrategias relacionadas con el reciclaje de los residuos sólidos textiles en la ciudad de Valledupar, específicamente en las comunas 3 y 4. Del mismo modo, se busca incentivar la utilización de recursos obtenidos a partir del aprovechamiento textil y al mismo tiempo minimizar el consumo de materiales vírgenes en la producción de calzado artesanal. Nuestro aporte a la academia se verá reflejado en el desarrollo e implementación de una metodología alternativa direccionada a la gestión sostenible de dichos residuos.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Obtener materia prima asociada a la fabricación de calzado artesanal mediante la aplicación de la economía circular para la transformación de residuos textiles urbanos en las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Transformar los residuos textiles en materia prima necesaria para la elaboración de “capelladas” en la producción de calzado artesanal.
- Determinar las ASPIs de entrada y salida de los procesos asociados a la obtención de materia prima para la fabricación de capellada.
- Establecer la relación costo-beneficio del proceso de transformación de los residuos textiles reciclados.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Keßler et al., (2021), desarrolló la investigación titulada La contribución de la circularidad material a la sostenibilidad: reciclaje y reutilización de textiles; proviene de una edición temática sobre documentos seleccionados de la 5ª Conferencia de Química Verde y Sostenible, con la finalidad de investigar la contribución de las intervenciones de reutilización y reciclaje de economía circular para reducir los flujos de materiales y la sostenibilidad general en el sector textil desde una perspectiva integral de sostenibilidad utilizando el pensamiento sistémico. Esta investigación se llevó a cabo en 2 etapas; estas fueron: ETAPA 1: empleo de mapas conceptuales orientados a explorar sistemas de desafíos de sostenibilidad en un sistema textil multiescalar y fuertemente interconectado. ETAPA 2: Se evalúa la contribución y potencial del reciclaje y reutilización de textiles en términos de rendimiento general limitado del material y sostenibilidad ambiental, social y económica. El resultado de la investigación fue la determinación de que el reciclaje y la reutilización, podrían reducir fuertemente el rendimiento general del material en el sector textil e influir en la sostenibilidad de los materiales. Los aportes directos al presente estudio son aportar conceptos generales de EC, además de recomendaciones de como dirigir la economía circular hacia la sostenibilidad y aportar una fuente de discusión.

Christensen et al., (2021), desarrolló la investigación titulada Hacia una economía circular en las ciudades: Explorando modos locales de gobernanza en la transición hacia una economía circular en la construcción y el reciclaje textil; en la Universidad de Roskilde, Dinamarca, con la finalidad de analizar distintas formas de gobernanza facilitar una transición a nivel local hacia una economía circular en los municipios. Esta investigación se llevó a cabo en 4 etapas; estas fueron: ETAPA 1: reciclaje de residuos de construcción y demolición. ETAPA 2: promoción de una cadena de valor en la industria textil. ETAPA 3: reciclaje de fracciones de residuos. ETAPA 4: Desarrollo de negocio circular, centrado en la eficiencia de los recursos. El producto de esta investigación fue la creación en conjunto de un proyecto de co-innovación para

Municipios Circulares. Los resultados de la investigación fueron el desarrollo de modos de gobernanza locales para una transición a la economía circular. El aporte directo al presente estudio es la certeza de que las prácticas modificadas de los procesos productivos pueden redirigir los flujos de materiales e incentivar la transformación hacia una economía circular.

Bukhari et al., (2018), desarrolló la investigación titulada Desarrollo de un programa nacional para la recuperación de textiles y prendas de vestir; en la revista Gestión e Investigación de Residuos, Volumen 36, Número 4, Páginas: 321 - 331, con la finalidad de examinar un programa de gestión de textiles y prendas de vestir posconsumo por medio de un estudio de caso. Esta investigación destaca los beneficios de usar la política responsabilidad ampliada del productor (EPR) las etapas identificadas fueron, ETAPA 1: conductores y actores ETAPA 2: esquemas de recolección ETAPA 3: clasificación y reciclaje Los resultados de la investigación fueron la determinación de aspectos positivos con respecto a recolección y reciclaje textil, caracterización del flujo de materiales y retos actuales de la reutilización textil. Los aportes directos al presente estudio son la investigación aporta directamente en la identificación de aspectos de reciclaje y recolección textil y como se puede determinar el flujo de materiales entre estos procesos, además de definir conceptos y aspectos de reutilización de textil.

Jamshaid et al., (2021a), desarrolló la investigación titulada Convertir desechos textiles en hilo valioso; en la Universidad Nacional Textil de Faisalabad, Pakistán, con la finalidad de producir hilos de extremo abierto a partir de fibras recuperadas de desechos textiles. Esta investigación se llevó a cabo en 4 etapas; estas fueron: ETAPA 1: reciclaje de los desechos textiles, el autor obtuvo fibra textil a partir de desperdicios de hilo y trapo. ETAPA 2: producción de hilos de extremo abierto, el autor elaboró hilo a partir de la fibra textil reciclada. ETAPA 3: prueba de hilo, evaluó la calidad del hilo respecto a sus propiedades de tracción. ETAPA 4: efecto del uso de fibra de desecho en las propiedades del hilo. Los productos de esta investigación fueron hilos de extremo abierto. Los resultados de la investigación fueron que producir hilo a partir de fibras recicladas es potencialmente beneficioso en términos de agotamiento de recursos y estrategia de minimización de desechos. Los aportes directos al presente estudio son parte de

la metodología relacionada con los procesos previos a la elaboración de hilo con residuos textiles.

Awgichew et al (2021a), desarrolló la investigación titulada Estudio experimental y efecto sobre fibras recicladas mezcladas con hilos de rotor/OE para la producción de telas manuales y sus propiedades; en la Universidad Técnica de Etiopía, en Etiopía, con la finalidad de analizar el efecto de las fibras recicladas en la fabricación de hilos de rotor/OE y su posterior uso en el tejido de telas manuales. Esta investigación se llevó a cabo en 4 etapas; estas fueron: ETAPA 1: obtención de la fibra textil, el autor realizó distintas proporciones de mezcla entre algodón virgen y fibras recicladas. ETAPA 2: producción de hilos de rotor/OE con las fibras previamente obtenidas. ETAPA 3: análisis de las propiedades del hilo producido, evaluó las propiedades físicas, estructurales y mecánicas. ETAPA 4: diseño y análisis de telas manuales tejidas con los hilos producidos. Los productos de esta investigación fueron hilos de rotor/OE y telas manuales a base de estos. Los resultados de la investigación fueron la incidencia de las fibras recicladas sobre la producción de hilos hilados a rotor OE y sus propiedades. Los aportes directos al presente estudio son una guía para el establecimiento de los porcentajes de mezclas entre algodón virgen y las fibras recicladas utilizados para la producción de hilos.

Arafat et al (2022a), desarrolló la investigación titulada Fibras recicladas de residuos textiles anteriores y posteriores al consumo como componentes de la mezcla en la fabricación de hilados 100 % de algodón en la hilatura de anillos: un enfoque sostenible y ecológico; en la revista Heliyon, Volumen 8, número 11, con la finalidad aplicar un enfoque ecológico y sostenible a la producción de hilos de algodón reciclado. Esta investigación se llevó a cabo en 3 etapas; estas fueron: ETAPA 1: mezcla en distintas proporciones entre algodón reciclado y algodón virgen. ETAPA 2: fabricación de hilos en una línea de hilado de anillo. ETAPA 3: caracterización de los hilos: análisis del coeficiente de variación de masa, las imperfecciones y la vellosidad. Los productos de esta investigación fueron hilos de 30 Ne de torsión suave. Los resultados de la investigación fueron el establecimiento de la utilización de hasta un 25 % de fibras de algodón reciclado. Los aportes directos al presente estudio son los porcentajes de mezcla (de partida) respecto al algodón virgen/reciclado utilizado.

4.2. MARCO TEÓRICO

La priorización del beneficio económico sobre la sostenibilidad ambiental y social, está directamente relacionada con el modelo de producción lineal que en la actualidad se lleva a cabo en la industria textil, este es originado por el incremento en las tendencias de la moda rápida presente en la sociedad. Lo que deriva en la disminución de la calidad de los productos, por procesos asociados a factores de producción tales como la fuente de materia prima y sus alternativas (Campues, 2022) y en la alta tasa de cambio de productos y una producción elevada de telas y desechos (Awgichew et al., 2021b). El ciclo de vida de un producto hace referencia a todas las fases que tiene que pasar durante su vida útil y que, al culminar con la obtención de sus respectivos residuos, finalmente son gestionados (Balboa et al., 2014a), por lo que la creciente generación de residuos se debe en gran parte a este fenómeno poco viable (ambientalmente) y desenfrenado de consumo.

Los residuos sólidos domésticos son generados en los hogares (sustancias, materiales, objetos, recipientes, empaques, botellas, embaces, desechos de los alimentos, y otros artículos) son algunos de ellos que se pueden originar como resultado de otros productos utilizados a diario en las actividades de los hogares (Organización Panamericana de la Salud en Colombia [OPS], 2011). Por otro lado, los residuos sólidos municipales, según Enger et al., (2006) están conformados por materiales que la gente de una determinada región ya no utiliza, debido a que ya cumplieron su ciclo de vida útil. A su vez, los residuos textiles son aquellos que proceden de los productos post industriales, subproducto de hilos y tejidos que pueden ser los aspectos de salida de diversos sectores de la fabricación, del comercio de textiles o del post consumo como lo son las prendas de ropa. También se puede catalogar como residuos textiles a todos los excedentes del calzado, la ropa o cualquier otro material textil como los accesorios utilizados a diarios en los hogares (Schmutz et al., 2022a).

En lo que las cifras respectan, en las últimas dos décadas tanto la producción textil como el consumo global medio de textiles se han duplicado de 7 a 13 Kg por persona (Durham et al., 2015). De seguir esta tendencia, se estima que para el 2050 la producción textil consumirá

alrededor de 300 millones de toneladas de petróleo, lo que eventualmente representará aproximadamente el 26% de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que se refleja en un aumento del 206% y del 1200% en comparación con el año 2015, respectivamente (Opperskalski et al., 2019; Leal et al., 2019). Por lo general, estos residuos en su mayoría son desaprovechados y terminan en los vertederos o botaderos a cielo abierto (James, 1977). A medida que los desechos textiles post consumo se descomponen, producen metano y dióxido de carbono, dos de los principales gases de efecto invernadero contribuyentes al cambio climático global (Salem et al., 2008a) también pueden producir lixiviados, químicos nocivos y contaminantes (Aiama et al., 2016) que al filtrarse en el suelo contamina las vías fluviales, con el potencial de afectar la salud humana (Salem et al., 2008b); desestimándose así, el uso potencial que estos poseen.

Como se puede evidenciar, distintos impactos ambientales tienen lugar cada que se consume un textil en general, los cuales mayoritariamente están asociados con procesos que ocurren antes del consumo (Chapagain et al., 2006), ante estas circunstancias es importante el surgimiento de nuevas alternativas de disposición de los residuos textiles.

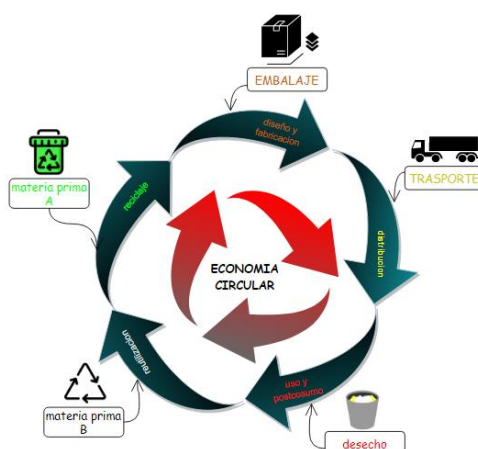
La aplicación de un modelo distinto que ante los cada vez más altos costos energéticos y la limitación de los recursos, contemple en las etapas de producción el ecodiseño (como una estrategia para disponer de manera eficiente y sostenible los residuos textiles), es necesario para prevenir las afectaciones al medio ambiente. El reciclaje y la reutilización son la base de este modelo que, mediante la investigación, nuevas técnicas laborales e innovación industrial y tecnocientífico, sean el motor de una nueva cultura empresarial (García, 2018). El marco de referencia en el que se sustenta el ecodiseño es la economía circular. La cual, según Geng et al., (2008) su principal característica es que su implementación posibilita la producción de bienes utilizando productos que han sido consumidos previamente, de manera que estos puedan ser reintegrados al proceso de fabricación. A su vez, este enfoque asegura un uso más eficiente de los recursos y reduce la cantidad de residuos generados (Souza, 2013).

En un sentido más amplio, La economía circular es una forma de organizar sistemas que se inspira en la naturaleza y busca superar el modelo lineal de producción y consumo anteriormente

descrito, que se ha vuelto cada vez más difícil de sostener debido a la escasez de recursos. Este enfoque regenerativo ofrece una gran oportunidad en el ámbito empresarial y su aplicación práctica en sistemas económicos y procesos industriales ha ido creciendo en los últimos años (Balboa et al., 2014b). A continuación, se presenta una representación de los dos modelos de economía descritos:

Figura 1

Ciclo del modelo de economía circular



Nota: el gráfico representa las etapas del ciclo de economía circular, las cuales son: uso /postconsumo, reutilizar, reciclar, diseño/fabricación y distribución. Tomado de Balboa et al., (2014) por Autores 2023.

Payne, (2015) argumentó que los residuos sólidos deberían reciclarse o reutilizarse para pasar de un desecho a la obtención de una materia prima, con la que se pueden fabricar nuevos productos tecnológicos con una menor cantidad de energía requerida. De esta forma se implementa el concepto de economía circular. Para llevarlo a cabo, es importante implementar políticas amigables con el medio ambiente a través de la búsqueda de la disminución de residuos y la prolongación del ciclo de vida de los productos (Ellen MacArthur Foundation [EMF], 2014).

Contextualizando lo anteriormente mencionado, cuando hablamos de reciclaje textil, nos referimos al proceso de reutilización de residuos textiles, ya sea previos o posteriores al consumo, para fabricar nuevos productos textiles o no textiles. En resumen, el reciclaje textil implica dar una

nueva vida a los residuos textiles en lugar de desecharlos en su totalidad. (Shirvanimoghaddam et al., 2020c). En cambio, Reutilizar textiles fomenta la fabricación y ayuda a mejorar las condiciones ambientales en general. Los proveedores también pueden aumentar la cantidad de reciclaje utilizado en nuevos productos, lo que ayuda a reducir aún más el impacto ambiental de la producción textil (Awgichew et al., 2021c).

Debido a que la aplicación de la economía circular gira entorno en el diseño de productos que no generen residuos (ecodiseño), es importante que se facilite la creación de modelos empresariales socialmente responsables que permitan a los fabricantes recuperar los productos usados y reintegrarlos en la cadena de producción. Además, se promueve la creación de productos que sean fáciles de desmontar y reutilizar (Balboa et al., 2014c).

Las fibras textiles de algodón y poliéster representan más del 50% de la producción mundial de fibras textiles, también se asocia a este tipo de fibras factores y etapas de riesgo ambiental severo (Nencková et al., 2020), por lo que para tener en cuenta los factores y etapas de riesgo que más influyen en un proceso de producción de textiles, debemos considerar el concepto de flujo de materiales (MFA por sus siglas en inglés), que describe una metodología que se desarrolla con el fin de cuantificar los flujos de materiales y existencias dentro de un sistema en específico. Estos sistemas están definidos por el tipo de material que se va a utilizar y por los límites tanto temporales como espaciales con los que cuente dicho sistema (estos van desde sustancias individuales hasta materias físicas complejas), de esta manera se entiende que el principio fundamental de MFA está basado en la conservación de la masa, principio que facilita la aplicación del balance de masa en cualquier proceso del sistema al cuantificar las entradas y salidas de este. A su vez, se define a la MFA como una metodología de gestión ambiental para recursos y residuos (Brunner et al., 2016).

De lo anterior podemos inferir que un factor importante que se debe considerar al momento de identificar los aspectos ambientales es la comprensión de los flujos de materiales, ya que en un enfoque textil (sin dejar de lado la visión de la economía), hay puntos de intervención que pueden ser más eficientes si se prevén posibles fuentes de incertidumbre que se pueden presentar a la hora

determinar los datos de impacto por unidad dentro del sistema. Es decir, que para analizar un sistema en el marco del flujo de materiales se debe tener en cuenta, por ejemplo, en el caso de uso de agua por kg o ropa utilizado, la posibilidad de una incertidumbre (Millward-Hopkins et al., 2023).

Millward-Hopkins et al., (2018) señala que al agregar capas de valor a los flujos de materiales se puede mejorar la sostenibilidad. Algunos flujos pueden transformarse o determinarse de diferentes formas, y el límite de un sistema en el MFA depende de los datos y la pregunta de investigación. Hay tres sistemas en el MFA: lineal, circular y dinámico, cada uno evaluando diferentes flujos a lo largo del tiempo. Por ejemplo, una composición de fibras textiles se puede especificar como un flujo de prendas o como un flujo de materiales homogéneos distintos.

Al momento de la determinación y ejecución de los aspectos ambientales, entra en juego el concepto de evaluación del ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés) que puede llegar a afectar el proceso de transformación dentro de un sistema de producción. Este funciona como una metodología estandarizada bajo la normativa ISO 14040/44 que evalúa el impacto ambiental asociado a un producto o servicio, teniendo en cuenta el ciclo de vida desde la extracción y uso de materias primas hasta su posterior gestión una vez ha culminado su vida útil (ISO 14040:2006, 2006; ISO 14044:2006, 2006). El estudio LCA consta de cuatro fases según Barkhausen et al., (2023): primero tenemos la definición de objetivos, alcance y análisis de inventario. Luego está la evaluación de impactos e interpretación, realizados de manera iterativa para optimizar procesos. En tercer lugar, se encuentra la identificación de los puntos críticos y compensaciones relacionados a los aspectos ambientales. Y, por último, el apoyo a la hora de tomar decisiones.

A su vez, (Wender et al., 2014, Arvidsson et al., 2018, Cucurachi et al., 2018) determinaron que los enfoques específicos de LCA se pueden aplicar para propósitos particulares. Por ejemplo, al evaluar las tecnologías emergentes en un contexto a futuro o aplicar LCA de manera prospectiva o anticipatoria. Sin embargo, esta también puede adaptarse a los aspectos metodológicos para reflejar los objetivos de cualquier investigación.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Se presentan a continuación conceptos claves mencionado en el desarrollo de la investigación, los cuales son tomados del Decreto 1713 de 2002 y otros autores:

Manejo: Comprende las actividades de separación en la fuente, presentación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y/o la eliminación de los residuos o desechos sólidos.

Reciclaje: es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva acopio, reutilización, transformación y comercialización.

Reutilización: Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación.

Residuo sólido o desecho: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.

Aprovechamiento: Adicionado por el Art. 1, Decreto Nacional 1505 de 2003: Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.

Economía circular: Es una estrategia que busca una mejor gestión de los recursos al minimizar el desperdicio y mantener el valor de los mismos durante períodos más prolongados. Se basa en la reducción del uso de recursos primarios y busca crear beneficios socioeconómicos en sistemas cerrados (Erdiaw-Kwasie et al. 2023).

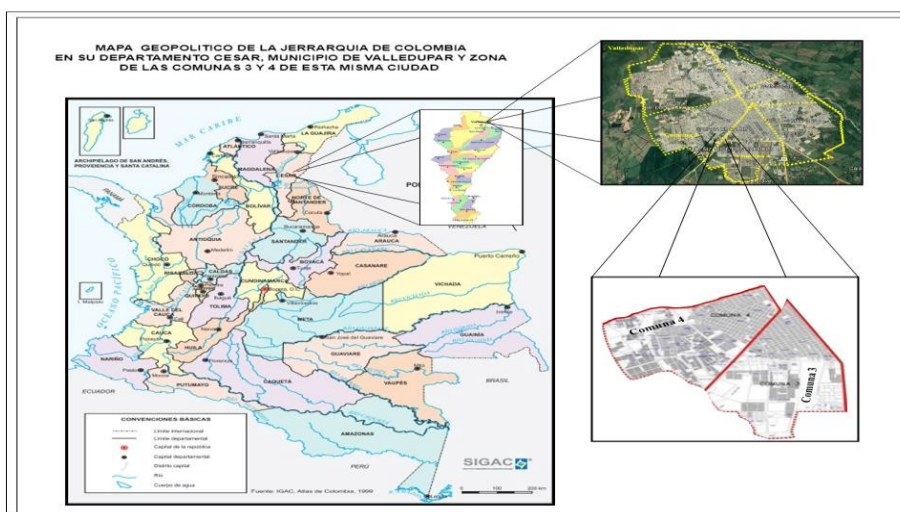
4.4. MARCO CONTEXTUAL

Caracterización Y Descripción Geográfica

Las comunas 3 y 4 de Valledupar están localizadas por polígono (ver figura 3), ubicadas en la parte sur oeste y al oeste de la ciudad, según datos generados en la herramienta de georreferenciación Google Earth, cuentan con una extensión para la comuna 3 de 7.91 Km², y para la comuna 4 de 7,1 Km², para un territorio total de 15.1 Km².

Figura 2

Mapa político de la jerarquía colombiana



Nota: la figura presenta la jerarquía de la localización del proyecto, adaptado de imágenes geográficas del instituto geográfico agustin codazzi, alcaldía de Valledupar y Google Earth, por autores 2023.

Tabla 1

Coordenadas geográficas de acuerdo con el sistema de georeferenciación geográfica (Datum WGS84, MAGNA SIRGAS) adoptado por Colombia

COORDENADAS DE LAS COMUNAS 3 Y 4 DE VALLEDUPAR

COMUNA 3			COMUNA 4		
PUNTO DE COORDENADA	LONG.OESTE	LAT.NORTE	PUNTO DE COORDENADA	LONG.OESTE	LAT.NORTE
CNDA 1 – C3	73°14'29.60"W	10°25'48.06"N	CNDA 1 – C4	73°15'14.87"W	10°27'43.66"N
CNDA 2 – C3	73°14'33.60"W	10°26'46.19"N	CNDA 2 – C4	73°15'25.96"W	10°28'10.05"N
CNDA 3 – C3	73°15'10.02"W	10°27'55.38"N	CNDA 3 – C4	73°17'11.49"W	10°27'28.47"N
CNDA 4 – C3	73°15'45.14"W	10°26'46.30"N	CNDA 4 – C4	73°17'3.26"W	10°27'15.61"N
CNDA 5 – C3	73°16'5.63"W	10°26'11.01"N	CNDA 5 – C4	73°17'12.44"W	10°27'5.88"N
CNDA 6 – C3	73°15'58.52"W	10°26'1.97"N	CNDA 6 – C4	73°16'52.01"W	10°26'27.09"N
CNDA 7 – C3	73°15'47.82"W	10°26'2.04"N	CNDA 7 – C4	73°16'24.65"W	10°26'35.96"N
CNDA 8 – C3	73°15'38.46"W	10°25'20.98"N	CNDA 8 – C4	73°16'7.04"W	10°26'26.91"N
CNDA 9 – C3	73°15'3.27"W	10°25'21.22"N			
CNDA 10 – C3	73°14'52.42"W	10°25'47.02"N			

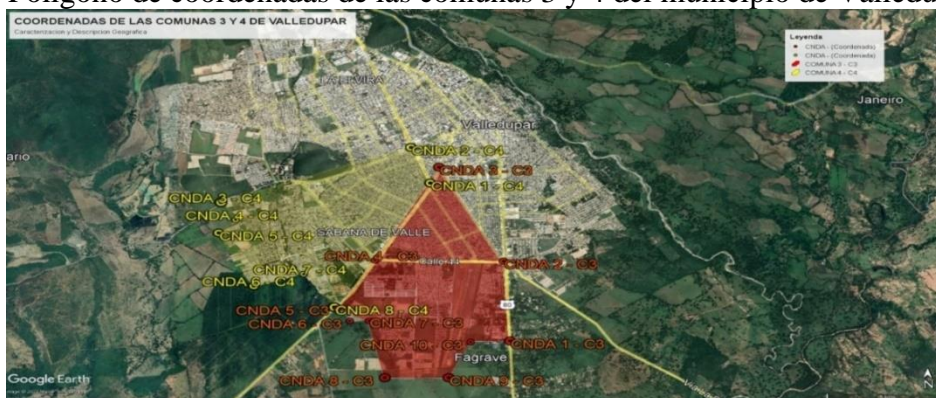
NOTA: CNDA = COORDENADA, C3 Y C4 = COMUNAS 3 Y 4, LONG = LONGITUD Y LAT = LATITUD, N = NORTE y W = WEST (ingles) u OESTE(O). Autores 2023

Aspectos de Contextualización Locativa

El Municipio de Valledupar, se encuentra localizado en la zona Norte del Departamento del Cesar. Limita en el Norte con el departamento de la Guajira, en el Sur con el Municipio de El Paso, en el Este con los municipios de San Diego y La Paz y en el Oeste con los Municipios de El copey y Bosconia.

Representación Espacial y Geográfica
Figura 3

Polígono de coordenadas de las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar



NOTA: CNDA = COORDENADA, C3 Y C4 = COMUNAS 3 Y 4, imagen generada en la herramienta de información geográfica Google Earth , <https://earth.google.com/web/>

4.5. MARCO LEGAL

TEMATICA	NORMATIVA	DESCRIPCION	APLICACION
Valoración ambiental y económica de los residuos.	Constitución política Colombiana de 1991	Art 79: Establece el derecho de las personas a un ambiente sano. Art 80: busca garantizar desarrollo sostenible.	de manera que se busca establecer un correcto uso de los recursos, en este caso la reincorporación a la vida útil de los residuos textiles, convertidos en materia prima, dando su reuso que aporta a reducir y mitigar impactos en el ambiente.
	Ley 09 de 1979	En su título 1, artículo 1: de la protección del medio ambiente y la regulación y control de residuos y materiales que puedan afectar al medio ambiente. En su título 1, de los artículos 22 al 35: de los residuos sólidos, de prohibiciones, disposición, manejo, almacenamiento de residuos sólidos.	Código Sanitario Nacional. Nos permite tener en cuenta las medidas sanitarias Establecidas y los procedimientos a adoptar para la regulación, legalización y control de las descargas de residuos, incluyendo los textiles o materiales pueden afectar las condiciones sanitarias del medio ambiente.
	Decreto 2811 de 1974	En su artículo 1, preservación del ambiente como patrimonio común En su artículo 2, uso racional de los recursos del ambiente En su artículo 3, manejo de los recursos y elementos o factores ambientales como los residuos, basuras y desechos. En su artículo 9, de la utilización de elementos ambientales.	Código nacional de los recursos naturales y protección del ambiente. nos permite establecer como debemos manejar los recursos naturales renovables y no renovables, además de elementos ambientales como los residuos, basuras, desechos y desperdicios, (incluyendo los textiles).

Procesos de reciclaje, reúso, reutilización, reincorporación y reducción de los residuos.	Decreto 1713 de 2002	En sus capítulos, disposición general, componente, transporte, almacenamiento y recolección de residuos solidos	Aporta conceptos con respecto a los residuos y reciclaje y se aplica de manera dinámica en a lo largo de los procesos y actividades del proyecto
Transformación y aprovechamiento de los residuos sólidos (Economía circular).	Decreto 596 de 2016	En su sección 2: dispone el aprovechamiento en el servicio público de aseo	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077de 2015 con respecto al esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y régimen transitorio para la formalización de recicladores de oficio, y otras disposiciones
	Resolución No. 2184 de 2019	En su artículo 4, fomenta la separación de residuos	Con la separación de residuos se le da mayor alcance e influencia a nuestro proyecto, contribuye a dar base a recomendaciones encaminadas a la separación de residuos.
	Conpes 3874 de 2016	En su ítem 2.2 ambiente y gestión integral de residuos solidos	Busca un modelo integral de residuos y una transición hacia la economía circular termino que es aplicado en el contexto de nuestro proyecto.

NOTA: Documentos adaptados del apartado normativo de la página web función pública del gobierno nacional, <https://www.funcionpublica.gov.co/web/eva/gestor-normativo>, <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>, y [http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM2_9_Normatividad sobre residuos s%C3%B3lido](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM2_9_Normatividad_sobre_residuos_s%C3%B3lido)

5. MARCO METODOLÓGICO

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en esta investigación, se desarrollará una metodología enfocada principalmente en un procesado manual de residuos textiles que fue inspirada en investigaciones hechas por varios autores que permitieron enriquecer cada una de las etapas que la comprende, estas inician con una caracterización y recolección de los residuos textiles y culmina con la producción de hilos y tejidos a partir de estos últimos. El sustento estará definido por la realización de pruebas de tracción para evaluar el rendimiento del producto textil nuevo. De esta forma, se habrá implementado el modelo de economía circular al estudio de caso.

5.1. LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

Considerando el Acuerdo N°003 del 08 de julio de 2021, “por medio del cual se adoptan las líneas de investigación de los programas de pregrado de la facultad de Ingeniería y Tecnológicas sede Valledupar, y se dictan otras disposiciones” expedido por el Consejo de la misma Facultad indicada, de la Universidad Popular del Cesar, de acuerdo a la investigación que se llevará a cabo, como estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, la línea de investigación perteneciente a este es la de Sostenibilidad y gestión ambiental. En la cual, la sublínea sobre la que se cimenta nuestra investigación es la denominada Gestión integral de los residuos sólidos y líquidos. Las áreas temáticas de esta última que aplican en nuestro proyecto son: Procesos de reciclaje, reúso, reutilización, reincorporación y reducción de los residuos, Transformación y aprovechamiento de los residuos sólidos (Economía circular) y Valoración ambiental y económica de los residuos.

5.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Hernández et al., (2014a) señala que una investigación se refiere a una serie de procedimientos rigurosos, analíticos y basados en la observación directa, que se emplean para examinar y explorar un fenómeno o una cuestión específica. En este caso, nuestra investigación posee un enfoque cuantitativo que, para generar conocimiento relacionado con la gestión sostenible de los residuos textiles, se basa en el ajuste de una serie de procedimientos metodológicos existentes

para obtener mediante una eventual experimentación una respuesta al problema planteado que impulsa y orienta nuestra investigación. Dicho enfoque se ve reflejado a través de las distintas etapas metodológicas que se diseñaron para realizarse de manera lineal y cuyos respectivos resultados, son verificables puesto que, cada uno de estos representan el recurso de entrada del proceso siguiente. Por ende, su correcta aplicación brindará respuesta al marco teórico construido a lo largo de la investigación.

5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Los estudios correlacionales tienen como objetivo conocer la relación o grado de asociación entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto o muestra específicos son comúnmente denominados estudios de correlación. En estos estudios, se busca determinar si existe una relación estadísticamente significativa entre las variables que se están investigando, lo que puede ser de gran utilidad para predecir la presencia o ausencia de ciertas variables en un grupo determinado (Hernández et al., 2014b). De acuerdo a lo anterior, nuestra investigación posee un alcance correlacional en el que se pretende establecer una relación entre dos variables: el porcentaje de mezcla de las fibras textiles (material reciclado/virgen) y la calidad de hilos producidos con residuos textiles respecto a sus propiedades de resistencia a la tracción. Ya que se pretende evaluar la incidencia de la primera variable sobre la segunda, a través de la determinación de los porcentajes de mezcla más eficientes para producir hilos con dichos residuos textiles. En decir, la aplicabilidad nuestra investigación nos permitirá establecer la relación costo-beneficio ambiental de utilización de residuos textiles en la elaboración de un nuevo producto.

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Podemos entender por población al conjunto completo de casos que cumplen con ciertas especificaciones definidas previamente. En otras palabras, es el grupo total de individuos, objetos, eventos o cualquier otra cosa que se esté estudiando y que cumple con los criterios establecidos para ser incluido en el estudio. En la mayoría de los casos, la población es el grupo de referencia al cual se desea generalizar los resultados obtenidos en la investigación (Hernández et al., 2010a). De esta forma, la población objeto de estudio sobre la cual se refleja nuestra investigación, está

representada por los residuos textiles generados en los hogares de las comunas 3 y 4 (82.642 y 92.825 habitantes respectivamente) del municipio de Valledupar, en el departamento del Cesar. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2018a). La principal característica de estos es el desaprovechamiento que sufren, lo que deriva en una inadecuada disposición final sin ningún tipo de gestión previa (Schmutz et al., 2022b).

5.5. MUESTRA POBLACIONAL

Hernández et al., (2010b) plantea que, aunque las muestras dirigidas o no probabilísticas son comúnmente utilizadas en investigaciones para hacer inferencias acerca de la población, estas se seleccionan de manera informal y subjetiva. En nuestra investigación está representada por una cantidad de residuos textiles en kilogramos que será determinada de acuerdo con la producción per cápita de dichos residuos que se cuantificará. Los cuales, para garantizar la completa ejecución de esta (evitar posibles déficits de recursos y bajo la recomendación de autores) se adaptó de manera específica a dos categorías concretas: “Ropa” y “Textiles para el hogar”.

5.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Hernández et al., (2010c) señala que un experimento se realiza con el propósito de observar cómo un cambio en una variable afecta a otra variable y, para ello se manipula la variable independiente mientras se mantiene constante la variable dependiente. De acuerdo con la información anterior, el diseño de nuestra investigación es de tipo experimental “puro” ya que de manera intencional manipulamos la variable independiente (% de mezcla fibra reciclada/ fibra virgen). La cual representa la causa directa en las relaciones entre variables. A su vez, la variable sobre la que ocurren los efectos o también denominada variable dependiente está representada por resistencia a la tracción en hilos producidos a partir de residuos textiles.

La formulación de hipótesis es una parte fundamental de la investigación científica, ya que permite a los investigadores generar predicciones específicas sobre las posibles relaciones entre las variables (pueden ser más de dos) que se están estudiando. Es común simbolizar las hipótesis de investigación con el símbolo "Hi", que se utiliza para denotar cada una de las hipótesis formuladas en el estudio Hernández et al., (2010d). Nuestra hipótesis es la siguiente: “el porcentaje de mezcla

de fibras recicladas/ fibras vírgenes está relacionada con la determinación de la calidad más optima de los hilos producidos con estas mismas”. La cual, es una hipótesis correlacional que, según Hernández et al., (2014c) son aquellas que a medida que avanza la investigación pueden presentar características predictivas e incluso explicativas respecto a las relaciones entre las variables estudiadas. Se plantea un diseño experimental completamente aleatorio con el objetivo de establecer las tres mejores proporciones de mezclas que permitan producir hilos con buenas propiedades de resistencia a la tracción. Las unidades experimentales están conformadas por las fibras recicladas señaladas en la tabla 5. La manipulación de la variable independiente (tratamientos) se realizará a través de la variación en la composición de las muestras finales de fibras textiles o astillas que se obtendrán inicialmente, las cuales serán: (75 %–25 %, 50 %–50 % y 25 %–75 %) para fibras recicladas y algodón virgen respectivamente. Los tratamientos que se aplicarán son los presentados en la tabla 6, se realizarán 3 repeticiones para cada uno de estos (30 en total).

5.7. DESARROLLO METODOLÓGICO

Etapa 1: Transformación De Los Residuos Textiles En Materia Prima Necesaria Para La Elaboración De “Capelladas” En La Producción De Calzado Artesanal.

Actividad 1.1. Caracterización Y Recolección De La Fracción Textil.

1.1.1. Revisión Bibliográfica

En base a la necesidad de tener información básica relacionada con la generación de residuos textiles del municipio de Valledupar (específicamente las comunas 3 y 4) que se desean aprovechar, se consultarán fuentes oficiales de información como el Plan De Ordenamiento Territorial (POT), el Plan De Desarrollo Municipal (PDM), el Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos (PGIRS) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) con la finalidad de complementar nuestra investigación.

1.1.2. Definición De La Fracción Textil.

Tomando algunas ideas de lo planteado por Nørup et al., (2018a), la fracción textil con la cual se desea trabajar se clasifica en dos: prendas de vestir y textiles para el hogar, las cuales, para tener una mayor claridad sobre lo que encaja dentro de esta categoría de fracción textil, estos se clasificarán por el tipo de producto (Nørup et al., 2018b).

Tabla 2

Definición de las fracciones textiles.

ROPA		TEXTILES PARA EL HOGAR
1. camisetas	11. Ropa para bebés	1. Ropa de cama
2. Tops	12. Ropa de trabajo	2. Cortinas
3. Blusas	13. Ropa de dormir	3. Toallas
4. Camisas	14. Calcetines	4. Trapos
5. Pantalones	15. Bufandas y corbatas	5. Manteles
6. Pantalones cortos	16. Albornoces	6. Manteles individuales

7. Vestidos	17. Disfraces	7. Piezas de textiles para el hogar
8. Faldas	18. Partes de la ropa	
9. Chalecos	19. Piezas de ropa	
10. Chaquetas		

Nota: La tabla resume la definición de las fracciones textiles divididas en dos categorías: Prendas de vestir y Textiles para el hogar que pueden ser susceptibles de estudio. Tomado de Nørup et al., (2018) por los autores (2023).

1.1.3. *Recolección De La Fracción Textil.*

Debido a la deficiencia de información suministrada por el Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos (PGIRS) actual del municipio de Valledupar respecto a la cantidad de residuos textiles producidos en la ciudad, fue necesario plantear una metodología que nos permitiera cuantificar dicho valor de manera específica para las comunas 3 y 4. De esta forma, tendremos un punto de partida para conocer el potencial de aprovechamiento que poseen los residuos textiles que allí se generan. De acuerdo a lo realizado por Alayón, (2021), al tratarse de una zona urbana y en búsqueda de una muestra de carácter homogénea, los residuos textiles se tomarán de distintos puntos de las zonas domésticas de los barrios que conforman las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar. Las cuales, cuentan con 29 y 44 barrios respectivamente, para un total de 73 barrios.

Siguiendo las recomendaciones de SurveyMonkey, (s.f. a) y con la finalidad de obtener una muestra representativa, se sondearán 10 barrios de la comuna 3 y 10 barrios de la comuna 4 para una representación del 27% del total de barrios, estos se presentan a continuación:

Tabla 3

Barrios que sondear por comunas

Comuna 3	1. Primero de Mayo	6. El prado
	2. San Martín	7. Don Carmelo
	3. 7 de Agosto	8. San Francisco
	4. Los álamos I	9. Conjunto (OGB)
	5. La manuelita	10. Valle Mesa

Comuna 4	1. Los Fundadores	6. Edgardo pupo
	2. Los Caciques	7. Cicerón Maestre
	3. Manantial	8. Villa taxi
	4. Villa Miriam	9. La victoria
	5. Los álamos II, III, IV	10. Francisco de Paula

Nota: la tabla presenta los barrios que serán objetos de estudio para la producción per cápita de residuos textiles en la comuna 3 y 4. Autores 2023.

A su vez, serán 10 hogares por barrio en los que se medirá la generación de residuos textiles durante una semana por medio del suministro de una bolsa plástica de residuos para su eventual almacenamiento. Tanto los barrios como las casas que se vayan a seleccionar dentro de estos se harán a través de un muestro no probabilístico, en el que definiremos las muestras bajo un carácter subjetivo (SurveyMonkey, s.f. b). Para facilitar el manejo de la información relacionada con la cantidad de residuos textiles generados por hogar, se llevará un registro de la siguiente manera:

Tabla 4

Datos de recolección de residuos textiles por comuna

COMUNA 3			
BARRIO 1			
Hogar 1	Dirección	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
Hogar 2	---	---	---
Hogar ---	---	---	---
Hogar 10	---	---	---
TOTAL			
BARRIO 2			

Hogar 1	Dirección	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
Hogar 2	---	---	---
Hogar ---	---	---	---
Hogar 10	---	---	---
TOTAL			
BARRIO 10			
Hogar 1	Dirección	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
Hogar 2	---	---	---
Hogar ---	---	---	---
Hogar 10	---	---	---
TOTAL			

Nota: la tabla presentará los datos resultantes del proceso de recolección de residuos textiles por hogar y barrios (indicando el total de habitantes y de residuos textiles generados en Kg de cada una de estas) para la comuna 3. De igual forma, se diligenciará el mismo formato de tabla para la comuna 4. Autores 2023.

1.1.4. Cuantificación De La Producción Per Cápita De Residuos Textiles.

Según Zafra, (2009) la producción per cápita (PPC), es la cantidad de residuos generados por habitante durante un día, para calcular la PPC se deben tener en cuenta el número de habitantes del área de estudio y la cantidad de residuos generada al interior de esta por día. Sin embargo, al igual que (DANE, s.f.) podemos adaptarla y expresarla matemáticamente de la siguiente manera:

Ecuación 1

Producción Per Cápita de residuos textiles

$$PPCRt = \frac{GRt}{Pt} \quad (1)$$

Dónde:

PPCRt = Producción Per Cápita semanal de residuos textiles en las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar.

GRt = Generación en Kilogramo semanal de residuos textiles en las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar.

Pt = Población total muestreada en las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar.

Partiendo de los datos que se prevé obtener en la tabla 4 del valor total de generación semanal de residuos textiles por comuna (GRt) y la población total muestreada por comuna (Pt), se procederá a calcular la PPC de acuerdo con lo descrito en la ecuación 1.

1.1.5. Determinación De La Muestra De Procesamiento.

De acuerdo con la PPC de residuos textiles que se obtenga para las comunas 3 y 4, y sus respectivos valores totales de recolección ver (tabla 4) obtenidos dentro de esta misma, se establecerá la cantidad de residuos textiles o muestra de procesamiento en kilogramos (Kg) necesaria para llevar a cabo la presente investigación.

1.1.6. Caracterización Y Evaluación De La Calidad De La Fracción Textil.

La calidad de la fracción textil a trabajar (ver tabla 2) se define por la capacidad que tengan estos para reciclarse, para Nørup et al., (2018c) son aquellos que no pueden reutilizarse, pero si pueden ser reciclados, esto depende de la forma de producción, el tamaño y la composición de las fibras. Un aspecto a tener en cuenta son las condiciones que se quieren evitar en los residuos textiles objeto de estudio, como lo son los textiles mojados, húmedos, sucios con desechos residuales, que tengan defectos mayores como: residuos de productos químicos, grasas y aceites, o que, en su defecto estén incinerados, ya que estas condiciones pueden alterar el peso del producto y la posibilidad de establecer los defectos (Nørup et al., 2018d).

Para evaluar a detalle la calidad de la fracción textil que se quiere utilizar, tenemos en cuenta varios procesos de la metodología de la evaluación de la calidad de la fracción textil implementada por (Nørup et al., 2018e) nuestro criterio de evaluación consiste en:

- Clasificación de los residuos textiles según lo establecido en la tabla 2.
- Evaluación de la fracción textil en busca de condiciones evitables y defectos (puede ser cortado en piezas, usado como tela, etc.).
- Clasificación de los residuos textiles según el método de fabricación (Tejido de punto, tricot, pana, terciopelo, franela, etc.).
- Determinación de la composición de la fibra de los residuos textiles (fibras naturales, fibras artificiales y fibras mixtas).

En el paso 1 se definen las fracciones textiles divididas en las dos subfracciones indicadas en la tabla 2: Prendas de vestir y Textiles domésticos.

En el paso 2, para evaluar la condición de los residuos textiles se tendrán en cuenta los criterios establecidos para establecer defectos como manchas, desteñido, agujeros o descolorido (se debe tener en cuenta la ubicación, naturaleza y alcance de este) que imposibiliten el reciclado. En caso de no poder categorizar un textil, se denominará como de baja calidad. Todo esto se realizará de acuerdo con las condiciones evitables establecidas anteriormente.

El Paso 3 es de gran importancia ya que el método de fabricación puede condicionar el procesado del textil como en el caso de la trituración.

En el paso 4 se establece si la fracción textil está compuesta por fibras naturales como algodón, por fibras sintéticas como el poliéster, o en su defecto, por fibras mixtas (compuesta por las categorías anteriores y teniendo en cuenta el porcentaje de composición). Este proceso se hará mediante la etiqueta de cada residuo textil, y en caso de no poder realizarse de esta forma, se hará un juicio físico a criterio propio, si no es posible determinar la composición, se denominará como desconocida.

Una vez finalizado el proceso de evaluación y clasificación, se debe llevar un registro escrito de todas las condiciones y tipos de residuos con similares características, para ser agrupados y pesados según las características que posean.

Actividad 1.2. Procesamiento De La Fracción Textil.

1.2.1. Acondicionamiento Y Lavado De Los Residuos Textiles.

Sin importar el estado de limpieza en el que se encuentren los textiles recolectados, todos serán inspeccionados en busca de cualquier objeto u elemento (como adornos o accesorios de metal, cuero, plástico y otros) que no sea útil para el desarrollo del proceso, luego de retirarlos, los textiles serán lavados, dispuestos y acondicionados para la siguiente actividad. Esta actividad tendrá lugar en el mismo sitio donde fueron almacenados los residuos textiles inicialmente y será necesario el alquiler de dos lavadoras y el aprovisionamiento de detergente en polvo.

1.2.2. Triturado manual de la fracción textil.

Adaptando la metodología implementada por Arafat et al., (2022b) para realizar el corte en pequeños tamaños, acondicionamiento, trituración y extracción de fibras de la fracción textil, se hará de manera manual mediante herramientas como molinos de metal, rodajas de tela, tijeras, cardas, piedras pómez, cepillos de acero, cuchillos dentados, pinzas y un soporte de madera. Se hará por separado de acuerdo a la clasificación textil planteada anteriormente: fibras naturales (algodón) fibras sintéticas (poliéster) y fibras mixtas (combinaciones de naturales y sintéticas). El objetivo de este procedimiento es llevar a cabo un reciclaje mecánico, en el que sin el uso de productos químicos se logre obtener nuevas fibras a partir del tejido textil (Arafat et al., 2022c). para esto, a través de los instrumentos afilados se rasgan y cortan los residuos textiles para sacar las hebras, fibras, tiras y filamentos resultantes de la trituración y cuyo destino es alimentar el proceso de hilatura para fibras de distintas proporciones (Rosales., 2020). Las proporciones de mezclas de las fibras se presentan a continuación:

Tabla 5

Composición de las muestras de fibras textiles obtenidas del proceso de trituración

FIBRA TEXTIL RECICLADA	PROPORCIONES	
	1	50% NATURAL
2	50% NATURAL	50% MIXTA
3	50% SINTÉTICA	50% MIXTA

Nota: esta tabla muestra las proporciones de mezclas (natural/sintética, natural/mixta y sintética/mixta) para las fibras textiles recicladas resultante de la trituración. Autores (2023).

1.2.3. Cardado De Las Fibras Textiles.

Una vez obtenidas los tres tipos de fibras recicladas, se procederá a realizar el cardado de cada una de estas por separado y mezclándolas a mano con algodón virgen con las siguientes proporciones de mezcla: (75 %-25 %, 50 %-50 % y 25 %-75 %) para las fibras recicladas y algodón virgen respectivamente. Luego, mediante el uso de instrumentos manuales como cardas, cepillos metálicos y rodillos cardados se procederá a realizar el cardado, dicho proceso consiste en hacer pasar la fibra textil por el rodillo y a medida que se va estirando se peina con el cepillo metálico para homogeneizar las fibras (alinear las hebras) y retirar cualquier elemento o grumo que haya quedado de la trituración. El fin de dicha actividad es lograr una limpieza y mezcla eficiente para la obtención de las fibras componentes a través de acciones de cardado que posteriormente se convierten en las astillas finales que son la entrada del procedimiento de hilatura (Arafat et al., 2022d). También se preparará una astilla compuesta con fibras 100% algodón puro, como resultado se obtendrán 10 tipos de fibras descritas a continuación:

Tabla 6

Composición de las muestras finales de fibras textiles o astillas

FIBRA TEXTIL RECICLADA/ALGODÓN VIRGEN	PROPORCIONES DE MEZCLA	
1	75% NATURAL/ SINTÉTICA	25% ALGODÓN VIRGEN
2	75% NATURAL/ MIXTA	25% ALGODÓN VIRGEN
3	75% SINTÉTICA/ MIXTA	25% ALGODÓN VIRGEN
4	50% NATURAL/ SINTÉTICA	50% ALGODÓN VIRGEN
5	50% NATURAL/ MIXTA	50% ALGODÓN VIRGEN
6	50% SINTÉTICA/ MIXTA	50% ALGODÓN VIRGEN
7	25% NATURAL/ SINTÉTICA	75% ALGODÓN VIRGEN
8	25% NATURAL/ MIXTA	75% ALGODÓN VIRGEN
9	25% SINTÉTICA/ MIXTA	75% ALGODÓN VIRGEN
10	100% ALGODÓN VIRGEN	

Nota: Esta tabla muestra las proporciones de mezclas (reciclada/algodón virgen) de las fibras textiles finales obtenidas del proceso de cardado. Autores (2023).

Actividad 1.3. Producción Y Evaluación De Hilo.

1.3.1. Prueba De Torsión.

Se realizará una torsión manual a los 10 tipos de astillas por separado, con la finalidad de que la fuerza de fricción aplicada a cada una de estas facilite la unión y longitud de fibras necesarias para conseguir hilos con adecuadas propiedades de elongación y resistencia. Para esto, mediante un previo acondicionamiento de las astillas con cinta adhesiva en sus extremos, se realizará una torsión manual en la que se les aplicará giro a los extremos en direcciones opuestas con ayuda de pinzas sujetadoras hasta que se evidencie una uniformidad en estas.

1.3.2. Hilatura.

Ajustando lo realizado por Jamshaid et al., (2021b) y Awgichew et al., (2021d), este proceso consiste en fabricar 10 muestras de hilos mediante el uso de una Rueda (máquina hiladora artesanal) con las astillas provenientes del cardado compuestas de algodón virgen y de textiles

reciclados con proporciones de mezcla: (75 %–25 %, 50 %–50 % y 25 %–75 %). Adicionalmente, con fines de comparar futuros resultados, se preparará bajo los mismos parámetros de hilado una muestra de hilo con algodón 100% virgen que cumplirá la función de tratamiento testigo.

1.3.3. Ensayo De Tracción.

Ajustando parte de la metodología implementada por Arafat et al., (2022e), para evaluar el rendimiento de las 10 muestras totales de hilo y determinar la combinación de mezcla más eficiente, se realizará un ensayo de tracción. En este, el estudio de las propiedades de tracción de cada muestra se realizará mediante una prueba sencilla en la que, mediante iguales condiciones se les aplicará una carga ascendente hasta que se rompa cada una, tomando como referencia la muestra 100% de algodón y se llevará un registro de resistencia a la rotura para compararla con las demás. El peso que soporte cada una de estas representará la fuerza de tracción antes de sufrir la rotura y los resultados definirán las 3 mejores muestras con las combinaciones de mezclas (fibra virgen/fibra reciclada) más apropiadas para producir hilo a partir de residuos textiles. Será necesario el uso de una balanza de mano, una estructura con un brazo de soporte y pesas de distintas unidades.

Actividad 1.4. Tejido Manual.

1.4.1. Elaboración De Muestras De Telas Uniformes.

Partiendo de la metodología implementada por Gabriel, (2021a), mediante la utilización de un telar vertical se empleará una técnica manual de doble cara tubular que es fuertemente utilizada en la fabricación de fajas, Ponchos y diferentes tipos de productos y prendas textiles. El telar vertical de dos estacas o también llamado telar con deformación vertical opera con 3 o 4 planos de hilos en la que dos de estos se cruzan y las demás forman decoraciones flotantes a lo largo de la pieza. El telar será surtido con los hilos a base de textiles reciclados producidos en la etapa anterior, con la finalidad de tejer piezas uniformes de tela cuyas dimensiones y características dependerán de las propiedades de hilado del operario. La labor artesanal de tejer es una ocupación ancestral que ha sido enriquecida con valores culturales sobresalientes y una amplia gama de especializaciones, lo cual ha permitido que muchas personas obtengan su sustento

a través de ella Gabriel, (2021b). Se requerirán los servicios de un/una artesano para el tejido de las muestras de tela. De esta forma, se aplicará el concepto de flujo de materiales en el que, mediante la asociación entre pequeños sectores productivos permiten la elaboración en este caso, de la tela que sirve de materia prima para la elaboración de calzado artesanal.

Etapas 2: Determinación De Las ASPI De Entrada Y Salida De Los Procesos Asociados A La Obtención De Materia Prima Para La Fabricación De Capellada

Actividad 2.1. Determinación Del Objetivo Y Alcance.

Ajustando la aplicación del LCA implementada por Subramanian et al., (2020) se planea enfocarla principalmente en la evaluación de las acciones susceptibles de producir impacto (ASPI) asociadas a los procesos de obtención de materia prima para la fabricación de capelladas que se realizarán en la etapa 1 del proyecto. De esta forma, el objetivo principal de la LCA será cuantificar de manera detallada todos los aspectos de entrada y salida en cada etapa del proceso, y su alcance estará definido por la evaluación resultante de dicha cuantificación que delimitará la relación costo-beneficio que comprende la etapa siguiente.

Actividad 2.2. Identificación De Los Aspectos De Entrada Y Salida.

A continuación, se presenta una tabla donde se especificaron por actividad, los posibles aspectos de entrada y salida que serán identificados. Los parámetros relacionados con la cantidad y peso de cada uno de estos, serán tenidos en cuenta al momento de la experimentación y se registrará en los resultados y análisis.

Tabla 7

Identificación de los aspectos de entrada y salida de cada actividad de la investigación

ENTRADA	PROCESOS	SALIDA
1. Caracterización y recolección de la fracción textil		
--	1.1. Revisión bibliográfica	--
--	1.2. Definición de la fracción textil	--

Cajas de cartón, bolsas plásticas, papelería, vehículo de transporte y recurso humano	1.3. Recolección de la fracción textil	Cajas de cartón y bolsas estropeadas, emisión de GEI y mal olor en el área de almacenamiento
--	1.4. Cuantificación De La Producción Per Cápita De Residuos Textiles	--
--	1.5. Determinación De La Muestra De Procesamiento	--
Cajas de cartón, papelería, elementos de protección, balanza de mano y recurso humano	1.6. Clasificación y Evaluación de la calidad de la fracción textil	Residuos textiles, accesorios de metal, plástico u otro material que hayan sido descartados por no cumplir con los criterios de calidad
2. Procesamiento de la fracción textil		
Agua, electricidad, dos lavadoras, detergente en polvo y recurso humano	2.1. Acondicionamiento y lavado de los residuos textiles	Residuos líquidos con agentes químicos
molinos de metal, rodajas de tela, tijeras, cardas, piedras pómez, cepillos de acero, cuchillos dentados, pinzas, soporte	2.2. Triturado manual de la fracción textil	Microfibras de algodón y poliéster y retazos, tiras y fibras textiles que no cumplan con los criterios de calidad.

de madera y recurso humano.		
Algodón virgen, fibras recicladas, cardas, cepillos metálicos, rodillos cardados y recurso humano	2.3. Cardado de las fibras textiles	filamentos, hebras y pelusas que no cumplan con los criterios de calidad
3. Producción y evaluación de hilo		
Astillas, cinta adhesiva, pinzas sujetadoras y recurso humano	3.1. Prueba de torsión	Astillas (en forma de residuo) que no hayan soportado la prueba de torsión
Astillas, rueca, electricidad, carretes y recurso humano	3.2. Hilatura	Residuos de hilatura como trozos y fracciones de este, y fibras textiles
Hilo, balanza de mano, soporte de madera, pesas y recurso humano	3.3. Ensayo de tracción	Trozos y fracciones de hilos
4. Tejido		
Hilos, telar vertical y recurso humano	4.1. Elaboración de muestras de telas uniformes	Residuos de tejido manual como fracciones/ hebras de hilo y tiras, trozos o retazos de tela

Nota: la tabla presenta los distintos aspectos de entrada y salida resultantes para cada actividad relacionada con la producción de materia prima necesaria en la elaboración de capelladas. Autores (2023).

Etapa 3: Establecimiento De La Relación Costo-Beneficio Del Proceso De Transformación De Los Residuos Textiles Reciclados

Para establecer la relación costo-beneficio del proceso de transformación de los residuos textiles reciclados, debemos determinar los costos totales de todos los procesos involucrados, estos son: Elaboración de las fibras recicladas (comprende las actividades 1.1 y 1.2 de la primera etapa del desarrollo metodológico), elaboración de hilos (comprende la actividad 1.3 de la primera etapa del desarrollo metodológico) y por último, la elaboración de telas uniformes (comprende la actividad 1.4 de la primera etapa del desarrollo metodológico). De esta forma, mediante el ajuste de la metodología realizada por Gupta., (2018) procederemos de la siguiente manera: para cada proceso anteriormente mencionado se realizará en primera instancia una cotización en el mercado con fines comparativos, luego se realizará una cuantificación de los insumos y mano de obra requerida en su fabricación y, por último, se obtendrá a partir de los 2 aspectos anteriores su costo total de producción. En cuanto a los parámetros de calidad de los distintos productos que se coticen, estarán definidos por la cantidad de materia prima que haya sido necesaria para producir cada producto.

Para fijar los precios de los productos, nos basaremos en el método descrito por Guerrero et al., (2012a) donde señala que los precios se pueden fijar mediante márgenes, basándose en costos de producción para obtener un precio para cada unidad vendida. En este, se le añade un valor de venta que se desea alcanzar teniendo en cuenta el costo de producción por unidad. Entonces tenemos que el costo por cada unidad será:

Ecuación 2

Cálculo del costo por unidad de un producto

$$\frac{Cp + \%D (10\%)}{Cv} = \text{Costo de la unidad}$$

Donde:

Cp: Costo de producción

%D: Porcentaje deseado de ganancia (consideramos un 10%)

Cv: Cantidad a vender

Nota: La ecuación describe la forma para fijar los precios de un producto por unidad en base a los costos de producción.

Actividad 3.1. Determinación Del Precio De Mercado De Las Astillas.

3.1.1. Cotización De Fibras Vírgenes 100% Algodón.

Para realizar la cotización se consultará los precios actuales de mercado de 3 marcas de fibras vírgenes en un recorrido por varios locales comerciales que oferten el producto. Con los tres precios obtenidos se sacará el promedio con el objetivo de compararlo con el precio de las astillas recicladas que se fije posteriormente. Los datos se diligenciarán en la tabla 8.

3.1.2. Cuantificación De Los Costos Totales De Producción.

La cuantificación de los costos de producción dependerá de la cantidad y costo de los insumos (Gr) y mano de obra (Día) requerida, también se tendrá en cuenta los gastos logísticos relacionados con la recolección de los residuos textiles.

3.1.3. Cálculo Del Precio De Mercado De La Astilla.

El precio de mercado se fijará de acuerdo con la ecuación 2 descrita al inicio de la etapa, tomando como referencia el método aplicado por (Guerrero et al., 2012b). Los datos se diligenciarán en la tabla 8.

Actividad 3.2. Determinación Del Precio De Mercado De Hilos.

3.2.1. Cotización De Hilos.

Para realizar la cotización se consultará los precios actuales de mercado de 3 marcas de hilos en un recorrido por varios locales comerciales que oferten el producto. Con los tres precios obtenidos se sacará el promedio con el objetivo de compararlo con el precio de los hilos (producidos a partir del reciclaje de residuos textiles) que se fije posteriormente. Los datos se diligenciarán en la tabla 9.

3.2.2. Cuantificación De Los Costos Totales Del Proceso De Hilatura.

La cuantificación de los costos de producción asociados al proceso de hilatura, dependerán de la cantidad y costo de los insumos (Astillas), del equipo utilizado (rueca artesanal) y de la mano de obra (Día) requerida. Los datos se diligenciarán en la tabla 9.

3.2.3. Cálculo Del Precio De Mercado De Los Hilos.

Al igual que el producto anterior, el precio de mercado se fijará de acuerdo con la ecuación 2 descrita al inicio de la etapa, los datos se diligenciarán en la tabla 9.

Actividad 3.3. Determinación Del Precio De Mercado De Telas Uniformes.

3.3.1. Cotización De Telas Uniformes.

Para realizar la cotización se consultará los precios actuales de mercado de 3 telas uniformes de distintos proveedores en un recorrido por varios locales comerciales que oferten el producto. Con los tres precios obtenidos se sacará el promedio con el objetivo de compararlo con el precio de la tela producida que se fije posteriormente. Los datos se diligenciarán en la tabla 10.

3.3.2. Cuantificación De Los Costos Totales Del Proceso Tejido.

En la cuantificación de los costos de producción, dependerán de la cantidad y costo de los insumos (hilos), mano de obra (tejedor artesanal) y equipos requeridos (telar vertical). Los datos se diligenciarán en la tabla 10.

3.2.3. Cálculo Del Precio De Mercado De La Tela Uniforme.

El precio de mercado se fijará de acuerdo con la ecuación 2 descrita al inicio de la etapa, tomando como referencia el método aplicado por (Guerrero et al., 2012c). Los datos se diligenciarán en la tabla 10.

A continuación, se presentan una serie de tablas donde se registrarán toda la información anteriormente descrita:

Tabla 8

Determinación precio de mercado de las Astillas

ANALISIS COSTO - BENEFICIO DE TODO EL PROCESO DE PRODUCCION DEL PROYECTO DESDE MATERIA PRIMA HASTA PRODUCTO FINAL													
Determinación precio de mercado de las Astillas													
Cotización			Costo de producción										
No	Astillas	precio (\$)	No	Insumos				Mano de obra		Logística	Costo total de producción (\$)	Precio de mercado (\$)	
				Fibras Reciclada (gr)	Costo (\$)	Fibras Virgen (gr)	Costo (\$)	Mano De Obra (Días)	Costo (\$)	Costo (\$)			
1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total		-	Total									-	

Nota: la tabla presenta los datos previos necesarios para fijar el precio de mercado de las astillas. Autores (2023).

Tabla 9

Determinación precio de mercado de los hilos

Determinación precio de mercado de los hilos													
Cotización			Costo de producción										
No	Hilo	precio (\$)	No	Insumos		Equipos		Mano de obra		Logística	Costo total de producción (\$)	Precio de mercado (\$)	
				Astillas (gr)	Costo (\$)	Cantidad (Un)	Costo (\$)	Mano De Obra (Días)	Costo (\$)	Costo (\$)			
1	-	-	1	-	-	1 rueca Artesanal	-	-	-	-	-	-	
2	-	-	2	-	-		-	-	-	-	-	-	
3	-	-	3	-	-		-	-	-	-	-	-	
Total		-	Total									-	

Nota: la tabla presenta los datos previos necesarios para fijar el precio de mercado de los hilos producidos. Autores (2023).

Tabla 10

Determinación precio de mercado de telas uniformes

Determinación precio de mercado de las telas uniformes													
Cotización			Costo de producción										
No	Tela	precio (\$)	No	Insumos		Equipos		Mano de obra		Logística	Costo total de producción (\$)	Precio de mercado (\$)	
				Hilo (gr)	Costo (\$)	Cantidad (Un)	Costo (\$)	Mano De Obra (Días)	Costo (\$)	Costo (\$)			
1	-	-	1	-	-	1 telar	-	-	-	-	-	-	
2	-	-	2	-	-		-	-	-	-	-	-	
3	-	-	3	-	-		-	-	-	-	-	-	
Total		-	Total										-

Nota: la tabla presenta los datos previos necesarios para fijar el precio de mercado de telas uniformes. Autores (2023).

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Etapa 1: Transformación De Los Residuos Textiles En Materia Prima Necesaria Para La Elaboración De “Capelladas” En La Producción De Calzado Artesanal.

A continuación, se presentarán y analizarán todos los resultados obtenidos de los procesos asociados a la transformación de los residuos textiles, desde su recolección y caracterización, hasta sus secuenciales actividades de procesamiento tales como la trituración, cardado, hilatura y tejido; en las que se elaboraron productos como astillas, hilos y telas uniformes. También fue pertinente analizar los resultados del ensayo de rotura a los hilos para establecer la proporción de mezcla más apropiada y compararlo con los resultados de otro autor para enriquecer nuestra investigación. Todo esto con la finalidad de evaluar la utilización de residuos textiles en la producción de materia prima para calzado artesanal.

Actividad 1.1. Caracterización Y Recolección De La Fracción Textil.

1.1.1. Revisión Bibliográfica

Los datos de la ubicación de las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar están definidas en (tabla 1) y (figura 2). Sus respectivas poblaciones son de alrededor de 82,642 y 92,825 habitantes. En la comuna 3 el 92% de las edificaciones (23,361) corresponden a viviendas. De las cuales el 89% de estas, son de estrato 1 y 2. En la comuna 4 el 91% de las edificaciones (26,551) corresponden a viviendas, el 86% de estas pertenecen al estrato 1 y 2 (DANE, 2018b).

Del mismo modo, se consultó el Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos (PGIRS), el Plan De Ordenamiento Territorial (POT), el Plan De Desarrollo Municipal (PDM) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) con la finalidad de obtener información relacionada con la generación de residuos textiles del municipio de Valledupar (específicamente las comunas 3 y 4) para complementar nuestra investigación. Sin embargo, la información consultada no era específica para los residuos textiles, por lo que procedimos a realizar una metodología de cuantificación de producción per cápita en las comunas mencionadas.

1.1.2. Definición De La Fracción Textil.

La fracción textil que fue objeto de estudio se clasificó en dos: prendas de vestir y textiles para el hogar, a su vez, estas se clasificaron de acuerdo con el tipo de producto para tener mayor facilidad en el momento de la caracterización, las categorías se muestran a continuación:

Tabla 11

Definición de las fracciones textiles.

ROPA		TEXTILES PARA EL HOGAR
1. Camisetas	11. Ropa para bebés	1. Ropa de cama
2. Tops	12. Ropa de trabajo	2. Cortinas
3. Blusas	13. Ropa de dormir	3. Toallas
4. Camisas	14. Calcetines	4. Trapos
5. Pantalones	15. Bufandas y corbatas	5. Manteles
6. Pantalones cortos	16. Albornoces	6. Manteles individuales
7. Vestidos	17. Disfraces	7. Piezas de textiles para el hogar
8. Faldas	18. Partes de la ropa	
9. Chalecos	19. Piezas de ropa	
10. Chaquetas		

Nota: La tabla resume la definición de las fracciones textiles divididas en dos categorías: Prendas de vestir y Textiles para el hogar que fueron estudiadas. Autores (2024).

1.1.3. *Recolección De La Fracción Textil.*

A continuación, se presentan los datos de la recolección de residuos textiles realizada en 20 barrios localizados en las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar entre el 20 de agosto de 2023 hasta el 28 de noviembre del mismo año.

Tabla 12

Datos de recolección de residuos textiles de la comuna 3

COMUNA 3

BARRIO 1				
Primero de Mayo				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Cr21 #29-12	12	4	1.76
2	Cr21 #29-06	9	5	1.36
3	Cr21 #29-29	9	4	1.02
4	Cr21 #29-34	9	4	0.15
5	CII28 #21-75	6	2	0.71
6	CII28 #21-66	12	8	0.58
7	CII28 #21-86	6	4	0.65
8	Cr22 #27-57	9	2	0.80
9	Cr22 #27-16	6	7	0.97
10	Cr22 #29-02	9	3	1.14
TOTAL			43	9.14
BARRIO 2				
San Martín				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	CII35 #19-68	6	6	0.58
2	CII35 #19-65	3	3	0.48
3	CII35 #19-01	6	3	2.43
4	CII35 #18-05	9	1	0.41

5	CII35 #18-65	3	7	0.19
6	CII35 #18E-12	6	3	0.72
7	Cr18 #35-06	6	6	1.18
8	CII36 #18E-23	12	5	0.39
9	CII36 #18E-50	9	4	0.36
10	CII36 #18-88	6	3	0.81
TOTAL			41	7.55

**BARRIO 3
 La Manuelita**

Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Cr25 #35-08	12	5	1.23
2	Cr25 #35-32	6	3	0.53
3	Cr25 #35-70	9	2	1.34
4	CII38 #24-09	12	4	1.12
5	Cr25 #35-38	6	4	1.79
6	Cr25 #35-42	12	7	1.03
7	Cr24 #35-04	6	9	0.45
8	Cr24 #35-20	3	7	1.57
9	Cr24 #35-18	6	3	0.23
10	CII34 #24-05	12	4	0.49
TOTAL			48	9.78

**BARRIO 4
 El prado**

Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	CII35 #26B-24	12	4	0.73
2	CII35 #26B-15	6	3	0.95
3	CII35 #26A-80	12	5	1.13
4	CII35 #26B-08	6	7	0.89
5	CII35 #26B-25	3	3	2.33
6	CII35 #26A-36	6	5	0.56
7	CII35 #26B-35	9	3	0.48
8	CII34 #26A-27	6	4	0.32
9	CII34 #26A-09	9	5	0.67
10	CII34 #26-15	9	6	0.25
TOTAL			45	8.31
BARRIO 5				
7 de Agosto				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	CII30 #27-05	3	7	1.23
2	Cr27 #31-19	6	3	3.45
3	Cr27 #31-40	6	3	2.11
4	CII32 #26-52	6	4	1.89
5	CII32 #26-37	6	2	4.56

6	CII32 #25-99	9	3	1.24
7	CII32 #25-72	3	2	1.98
8	CII32 #25-79	12	1	1.32
9	CII32 #25-37	6	4	1.67
10	CII32 #26-49	12	4	2.01
TOTAL			33	21.46
BARRIO 6				
Don Carmelo				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	CII49 #32-42	9	4	0.23
2	CII49 #32-82	9	7	2.11
3	CII49 #32-87	6	2	0.89
4	CII49 #32-92	3	3	1.34
5	CII49 #32-05	3	3	1.56
6	CII49 #32-15	6	7	2.45
7	CII50 #31-124	9	6	0.78
8	CII50 #30-36	12	7	0.81
9	CII50 #29-106	9	5	0.92
10	CII50 #29-56	12	6	1.28
TOTAL			50	12.37
BARRIO 7				
El Oasis				

Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	CII52 #27-10	3	3	3.41
2	CII52 #27-10	3	6	0.94
3	CII52 #27-144	6	7	2.56
4	CII52 #27-152	9	4	0.77
5	CII51 #27-19	6	6	4.12
6	CII51 #27-137	6	4	1.89
7	CII51 #27-114	9	4	1.34
8	CII51 #27-109	3	3	3.02
9	CII50 #27-45	12	8	1.10
10	CII50 #27-65	6	2	0.70
TOTAL			47	19.84
BARRIO 8				
Álamos I				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Cr30 #30-80	9	6	0.49
2	Cr30 #30-64	9	9	0.20
3	Cr30 #30-48	3	4	0.87
4	Cr30 #30-42	3	5	0.60
5	Cr30 #30-40	12	5	0.29

6	Cr30 #30-04	6	4	1.11
7	Cll30 #29-100	3	4	0.95
8	Cll30 #29-55	9	3	1.06
9	Cr30 #31-15	12	6	0.72
10	Cr30 #31-07	9	5	0.47
TOTAL			51	6.76
BARRIO 9				
San Francisco				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Cra 28 #34 ^a -37	3	7	7.33
2	Cr32 #31-84	12	5	0.72
3	Cr32 #31-76	12	3	1.30
4	Cr32 #31-60	3	4	1.98
5	Cr32 #31-52	3	1	0.81
6	Cr32 #31-45	3	6	1.08
7	Cr32 #31-28	3	5	0.45
8	Cr32 #31-30	12	5	12.13
9	Cr32 #31-12	12	3	1.15
10	Cr32 #32-05	3	6	0.69
TOTAL			45	27.64
BARRIO 10				
Villa Olga				

Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	CII31 #29-31	6	5	1.18
2	CII31 #21-15	9	8	0.59
3	Cr28 #29-48	3	3	0.24
4	CII30A #29-131	3	6	0.37
5	CII30A #29-73	3	7	0.32
6	CII30B 2a-85	12	4	0.49
7	CII30B 2a-44	6	4	0.55
8	Cr30a #30-65	3	3	0.29
9	Cr30a #30-78	12	3	1.56
10	Cr30a #30-88	6	11	0.54
TOTAL			54	6.13

Nota: la tabla presenta datos de la recolección como los habitantes y los residuos textiles recolectados en los barrios encuestados de la comuna 3. Autores (2024).

Tabla 13

Datos de recolección de residuos textiles de la comuna 4

COMUNA 4				
BARRIO 1				
Los Fundadores				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa?	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)

		(Meses)		
1	Tv25 #20b-87	12	5	0.48
2	Tv25 #20b-22	3	2	0.70
3	Tv25 #20-35	9	5	0.57
4	Dg20 #25a-75	3	5	0.49
5	Dg20 #25a-67	12	4	0.71
6	Dg20 #25a-90	12	5	1.17
7	Tv26 #19-02	6	6	0.68
8	Tv26 #18d-48	9	3	0.50
9	Tv26 #18d-32	12	6	0.56
10	Tv26 #18d-25	12	9	1.67
TOTAL			50	7.53

**BARRIO 2
 Los Caciques**

Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Tv19 #18a-31	9	4	0.74
2	Tv19 #19-16	9	6	0.72
3	Dg19a #20-03	3	5	0.58
4	Dg19a #19-29	9	7	0.51
5	Cll19 #19c-39	9	4	1.41
6	Cr19c #19-17	6	5	0.91
7	Cr19c #19-38	6	5	0.69
8	Cr19c #19-51	3	2	0.58

9	Cr19c #19-68	6	6	0.28
10	Cll18 #19a-12	9	3	0.50
TOTAL			47	6.92
BARRIO 3				
El Manantial				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Cll18a #30b-104	12	4	1.02
2	Cll18a #30b-98	6	4	0.26
3	Cll18a #30b-93	3	3	0.37
4	Cll18a #30b-25	6	4	0.46
5	Cll18a #30b-22	6	5	0.31
6	Cll18a #30b-10	6	5	0.15
7	Cll18a #30b-21	9	6	0.48
8	Cll18a #30b-31	6	4	0.44
9	Cr30a #18-31	3	6	0.27
10	Cr30a #18-28	12	3	0.61
TOTAL			44	4.37
BARRIO 4				
Villa Miriam				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa?	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)

		(Meses)		
1	Cll18a #33-48	3	2	0.21
2	Cr32b #18a-27	12	3	0.34
3	Cr32b #18a-16	6	4	0.19
4	Cr32b #18a-10	9	5	0.53
5	Cr32b #18a-24	6	3	0.41
6	Cr32b #21-12	12	3	1.03
7	Cr32b #21-01	12	6	0.53
8	Cr32b #25-05	12	4	0.25
9	Cr32b #25-07	12	5	0.93
10	Cr32 #15c-12	12	7	0.51
TOTAL			42	4.93
BARRIO 5				
Edgardo Pupo				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Cll17 #30a-41	12	6	1.36
2	Cll17 #28-96	12	7	0.78
3	Cll17bis #29-01	6	5	1.45
4	Cll17bis #29-37	12	2	3.12
5	Cll17bis #30b-24	3	6	1.89
6	Cll17bis #30b-30	6	3	2.01

7	Cll17bis #30b-52	9	6	1.54
8	Cll17 #30-77	12	8	0.85
9	Cll17 #30-67	9	6	0.31
10	Cll17 #30-42	9	4	0.92
TOTAL			53	14.23
BARRIO 6				
Cicerón Maestro				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Cr33 #16E-13	3	3	0.53
2	Cr33 #16E-31	12	6	1.27
3	Cr33 #17-61	9	4	2.14
4	Cll17 #33-07	12	1	0.87
5	Cll17 #33-06	12	6	1.41
6	Cll17 #33-26	6	7	0.31
7	Cr33 #16D-35	6	3	1.25
8	Cll16 #33-08	9	7	1.76
9	Cll16B #33-15	9	4	0.55
10	Cll16B #33-29	6	4	0.36
TOTAL			45	10.45
BARRIO 7				
La victoria				

Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Cr36 #18-05	12	3	1.42
2	Cr36 #18-15	12	6	2.73
3	Cll18a bis #35-96	9	5	3.14
4	Cll18a bis #35-06	12	6	1.04
5	Cll28a #34b-69	12	3	2.56
6	Cll28a #34b-57	3	7	1.79
7	Cll28a #34b-30	6	4	1.23
8	Cr34b #18-27	9	3	1.65
9	Cr34b #18-04	6	5	2.36
10	Cll18a bis #34-56	6	3	0.24
TOTAL			45	18.16
BARRIO 8				
Villa taxi				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Cr37B Mz f C 5	9	5	0.84
2	Cr37B Mz f C 6	9	2	1.12
3	Cr37B Mz f C 7	9	6	0.54
4	Cr37B Mz f C 9	9	3	0.41
5	Cr37B Mz f C 14	12	3	0.25
6	Cr37B Mz a C 10	9	9	0.36

7	Cr37B Mz a C 13	3	5	0.92
8	Cr37B Mz a C 15	6	4	0.99
9	Cr37A Mz h C 3	9	3	0.88
10	Cr37A Mz h C 11	6	6	0.46
TOTAL			46	6.77
BARRIO 9				
Francisco de Paula				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa? (Meses)	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)
1	Cr34B #18b-80	6	4	0.73
2	Cr34B #18b-72	9	6	0.84
3	Cr34B #18b-55	9	8	0.62
4	Cr34B #18b-40	6	6	0.96
5	Cr34B #18b-36	6	5	1.02
6	Cr34B #18b-32	9	4	1.35
7	Cr34B #18a3-26	9	2	1.06
8	Cr34B #18a3-13	12	5	1.27
9	Cll18a3 #34b-58	9	7	1.24
10	Cll18a3 #34b-42	3	4	0.65
TOTAL			51	9.74
BARRIO 10				
Los Álamos II, III, IV				
Hogar	Dirección	¿Cada cuánto renueva su ropa?	No habitantes	Residuos textiles recolectados (Kg)

		(Meses)		
1	Cr19a Mz1 C13	3	4	0.36
2	Cr19a Mz1 C14	3	3	0.23
3	Cr19a Mz1 C10	3	6	0.44
4	Cr32B1 Mz10 C3	9	2	0.74
5	Cr32B1 Mz10 C10	6	6	0.97
6	Cr32B1 Mz10 C12	12	7	0.57
7	CII34b Mz10 C38	12	3	0.24
8	CII34b Mz10 C39	3	7	0.68
9	CII34b Mz10 C42	6	4	0.64
10	CII34b Mz10 C44	9	4	0.70
TOTAL			46	5.57

Nota: la tabla presenta datos de la recolección como los habitantes y los residuos textiles recolectados en los barrios encuestados de la comuna 4. Autores (2024).

Tabla 14

Datos promedio de habitantes y recolección de residuos textiles de las comunas 3 y 4

COMUNA 3								
No	Barrios	Prom Hab _x Barrio	Prom Hab _x Casa	Prom RT- R (Kg)	Prom Renovación de ropa (Mes)	Densidad Total Hab	Total RT-R (Kg)	PPC (Kg/Hab _x Sem)
1	Primero de Mayo	43	4	9.14	8.7	457	128.98	0.282
2	San Martin	41	4	7.55	6.6			
3	Manuelita	48	5	9.78	8.4			

4	El Prado	45	5	8.31	7.8			
5	7 de Agosto	33	3	21.46	6.9			
6	Don Carmelo	50	5	12.37	7.8			
7	El Oasis	47	5	19.84	6.3			
8	Álamo I	51	5	6.76	7.5			
9	San Francisco	45	5	27.64	6.6			
10	Villa Olga	54	5	6.13	6.3			
PROMEDIO		46	5	12.90	7.3			

COMUNA 4

No	Barrios	Prom Hab _x Barrio	Prom Hab _x Casa	Prom RT-R (Kg)	Prom Renovación de ropa (Mes)	Densidad Total Hab	Total RT-R (Kg)	PPC (Kg/Hab _x Sem)
1	Fundadores	50	5	7.53	9	469	88.67	0.189
2	Los Caciques	47	5	6.92	6.9			
3	Manantial	44	4	4.37	6.9			
4	Villa Miriam	42	4	4.93	9.6			
5	Edgardo Pupo	53	5	14.23	9			
6	Cicerón Maestre	45	5	10.45	8.4			
7	La Victoria	45	5	18.16	8.7			

8	Villa Taxi	46	5	6.77	8.1			
9	Francisco de Paula	51	5	9.74	7.8			
10	Álamos II, III y IV	46	5	5.57	6.6			
PROMEDIO		47	5	8.87	8.1			

Nota: la tabla presenta datos promediados de habitantes por barrio y casas, residuos textiles recolectados y el promedio con el que renuevan su ropa; para las comunas 3 y 4. Autores (2024).

Figura 4

Fotos de la recolección de residuos textiles



Nota: la figura presenta evidencia de la recolección realizada donde: (a) y (b): recolección puerta a puerta y (c): lugar inicial de almacenamiento de los residuos textiles. Autores (2023).

Analizando los datos obtenidos en las tablas 12, 13 y 14 observamos que se recolectaron en los hogares de las comunas 3 y 4 un total de 217.65 Kg de residuos textiles que corresponden a 128.98 Kg y 88.67 respectivamente. De un total de 926 habitantes (457 hab para la comuna 3 y 469 para la comuna 4). Con un promedio de 5 habitantes por hogar, 12.90 Kg y 8.87 Kg de residuos sólidos generados para las comunas 3 y 4 respectivamente. A su vez, se les consultó a los hogares encuestados por la frecuencia con la que renuevan su ropa y obtuvimos que en promedio lo hacen cada 7 y 8 meses para las comunas 3 y 4 respectivamente. Cabe resaltar que esto no significa que desechen su ropa antigua cada que la renuevan, pero si nos da un indicio del consumo de textiles que poseen y que a largo plazo si contribuye a la generación de residuos textiles. Aunque los datos obtenidos indican que la generación de residuos textiles de la comuna 3 es 1/3 mayor que la de la comuna 4, las condiciones sociales y territoriales de estas son similares en términos de estrato social, vivienda, cantidad de habitantes encuestados y la frecuencia con la que renuevan su ropa, por lo que sus variables de consumo de textiles no difieren entre sí.

1.1.4. Cuantificación De La Producción Per Cápita De Residuos Textiles.

Partiendo de los datos obtenidos en las tablas 12, 13 y de la ecuación 1: Producción Per Cápita de residuos textiles, se calculó la producción per cápita de residuos textiles de la siguiente forma:

Producción Per Cápita de residuos textiles

$$\text{PPCRt} = \frac{\text{GRt}}{\text{Pt}} = \frac{217.65 \text{ Kg/Semana}}{926 \text{ Hab}} = 0.235 \text{ Kg/Hab.Semana}$$

Dónde:

PPCRt = Producción Per Cápita semanal de residuos textiles en las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar.

GRt = Generación en Kilogramo semanal de residuos textiles en las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar.

Pt = Población total muestreada en las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar.

Figura 5

Cuantificación de PPC de los residuos textiles recolectados



Nota: (a, b, c, d) representan el pesaje de los residuos textiles. Autores (2024).

1.1.5. Determinación De La Muestra De Procesamiento.

Se escogieron 10 bolsas al azar de todas las recolectadas, su peso fue de 9.91 Kg que está en el rango promedio de generación de RT-R recolectados en la comuna 3 y 4 (ver tabla 14). A su vez, dicho valor corresponde a la producción per cápita de 42 habitante durante una semana, que se aproxima al promedio de habitantes por barrio encuestado (ver tabla 14).

Figura 6

Determinación de la muestra de procesamiento



Nota: la foto representa el pesaje realizado a la muestra de procesamiento determinada.

Autores (2023).

1.1.6. Caracterización Y Evaluación De La Calidad De La Fracción Textil.

A continuación, se presenta la clasificación de la muestra de 9.91 Kg de residuos textiles según lo establecido en la tabla 2.

Tabla 15

Definición de las fracciones textiles.

ROPA	
Prenda	Cantidad
Suéteres	20
Ropa de dormir	3
Pantalones	11
Blusas	11
Camisas	9
Faldas	5
Pantalones cortos	16
Tops	1
Ropa para bebes	6
Disfraz	1
Vestidos	3
Chalecos	2
Partes de ropa	14
Camisillas	5
TEXTILES PARA EL HOGAR	
Ropa de cama	4

Mantel individual	2
TOTAL	113

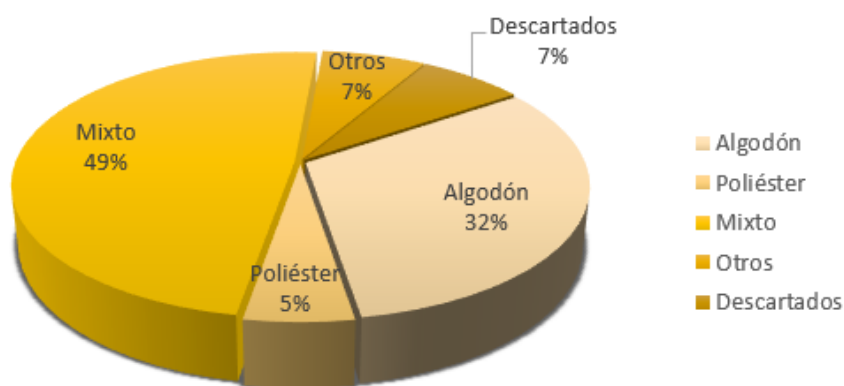
Nota: la tabla presenta la cantidad y tipo de prendas de la muestra de procesamiento. Autores (2024).

El siguiente paso consistió en evaluar la calidad de la fracción textil en busca de las condiciones evitables, se encontraron los siguientes: 8 prendas (2 camisillas, 2 camisetas, 1 camisa y 3 pantalones) que fueron descartadas para el procesamiento debido a que presentaban roturas, quemaduras, manchas de pintura, aceite y otras sustancias. El peso de dichos textiles fue de 0.705 Kg.

Por último, establecimos la composición de la fibra textil de la muestra de procesamiento de la siguiente forma: fibras naturales (algodón), fibras sintéticas (poliéster) y fibras mixtas (combinaciones de naturales y sintéticas) tal como se muestra a continuación:

Figura 7

Caracterización de la muestra de procesamiento



Nota: porcentajes de resultantes de la caracterización de la muestra. Autores (2024)

Tal como podemos ver en la figura 7, el tipo de fibra de mayor presencia es la mixta (compuesto por algodón y poliéster), seguido del algodón. Hay que señalar que la fibra menos encontrada es la de poliéster. La categoría “otros” hace referencia a prendas cuyas fibras no

pertenecen a ninguna de las anteriormente mencionadas, entre las 8 encontradas tenemos 5 de Satín y 3 de Antifluído que no fueron procesadas.

Figura 8

Caracterización de la muestra de procesamiento



Nota: (a): caracterización de la muestra de acuerdo con el tipo de fibra, (b): son los textiles descartados y (c): caracterización de la muestra de acuerdo al tipo de prenda. Autores (2023).

Actividad 1.2. Procesamiento De La Fracción Textil.

1.2.1. Acondicionamiento Y Lavado De Los Residuos Textiles.

Todas las prendas fueron inspeccionadas y se le retiraron 0.33 Kg de: accesorios de metal, plástico, botones, broches, correderas, bordados, estampados, hebillas y otros objetos que fueron descartados porque representaban un impedimento para el procesamiento. Sin importar el

estado de limpieza en el que se encontraban los textiles recolectados, todos fueron lavados con y acondicionados con una lavadora semiautomática y secados al sol.

Figura 9

Acondicionamiento y lavado de la muestra de procesamiento



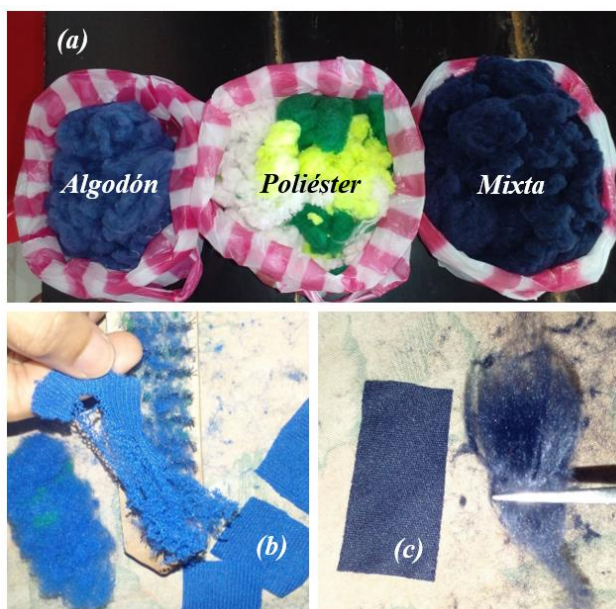
Nota: (a, b): presentan el lavado de los textiles y (c): son los accesorios retirados a los textiles. Autores (2023).

1.2.2. Triturado manual de la fracción textil.

La trituración se hizo de manera manual mediante herramientas como tijeras, cardas y cepillos de metálicos. Primero se cortaron los textiles en pequeños rectángulos para tener una mayor comodidad, luego se frotaron contra el cepillo metálico para desgarrar la fracción textil y de esta forma se obtuvo la fibra. Este proceso se realizó por separado para cada uno de los tipos de textiles anteriormente mencionados.

Figura 10

Triturado manual de la fracción textil



Nota: (a): señala los 3 tipos de fibras triturada, (b, c): muestran el proceso de trituración y el acabado final de la fibra. Autores (2023).

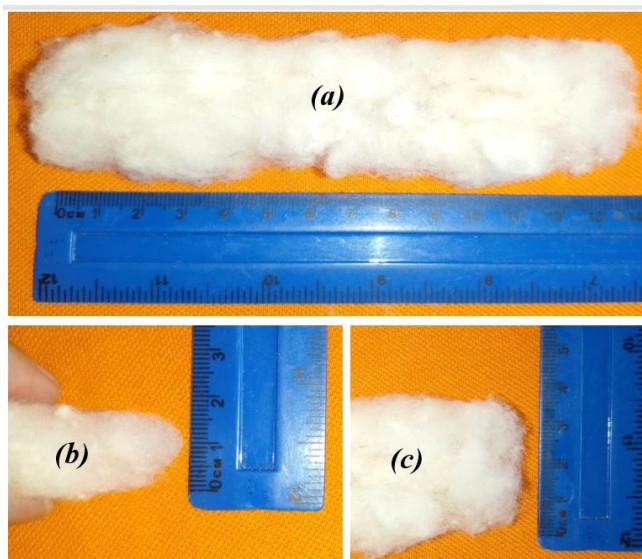
1.2.3. Cardado De Las Fibras Textiles.

En primer lugar, se tomaron las dimensiones del cepillo metálico cardador para dimensionar las astillas, las cuales son: 13cm Largo x 3cm Ancho x 1.5cm Alto, para el que se

utilizaron alrededor de 10 gramos de fibra para su elaboración, tal como se muestra a continuación:

Figura 11

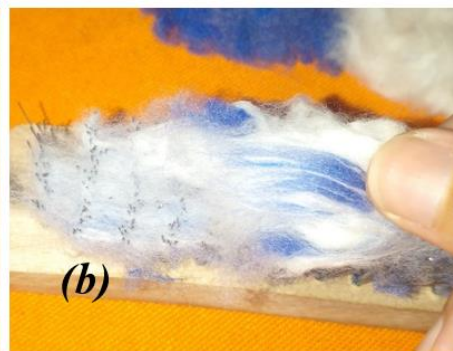
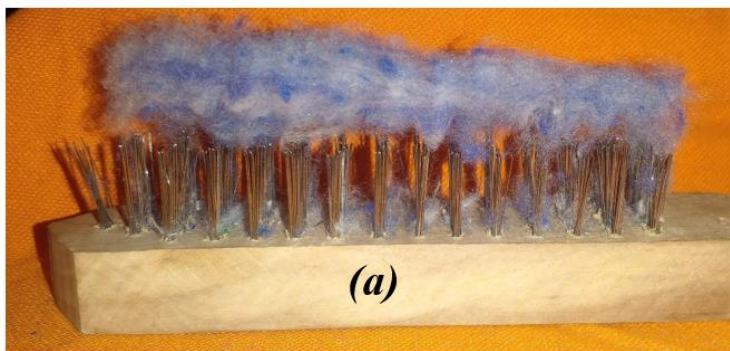
Dimensionamiento de las astillas



Nota: dimensiones de la astilla donde: (a): señala largo, (b): indica la altura y (c): muestra el ancho. Autores (2024).

Figura 12

Cardado manual de la fibra textil

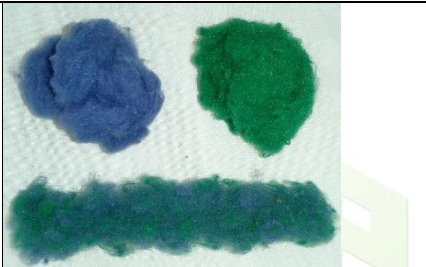




Nota: (a, b): presentan el proceso de cardado de la fibra textil. Autores (2024).

Seguidamente, los tres tipos de fibras anteriormente recicladas fueron cardadas de manera manual con cepillos metálicos finos (se homogenizaron las fibras y se retiró cualquier elemento o grumo proveniente de la trituración) en proporciones iguales de 50%-50% de acuerdo con la tabla 5 y tal como se representa a continuación:

Tabla 16

Composición de las muestras de fibras textiles obtenidas del proceso de trituración

FIBRA RECICLADA	PROPORCIONES		
1	50% NATURAL	50% SINTÉTICA	
2	50% NATURAL	50% MIXTA	

3	50% SINTÉTICA	50% MIXTA	
---	---------------	-----------	---

Nota: la tabla muestra las proporciones de mezclas (natural/sintética, natural/mixta y sintética/mixta) para las astillas. Autores (2024).

Por último, para elaborar las astillas se mezclaron esta vez las fibras recicladas con algodón virgen en las siguientes proporciones: (75% – 25%, 50% – 50% y 25% – 75 %) para las fibras recicladas y algodón virgen respectivamente. También se preparó una astilla compuesta con fibras 100% algodón virgen. En total se fabricaron 30 astillas (3 por cada proporción), cuyo resultado se muestra a continuación:

Figura 13

Cardado manual de la fibra textil



Nota: la figura muestra las 30 astillas fabricadas. Autores (2024).

Se observó que las fibras sintéticas (poliéster) presentaron mayor presencia de imperfecciones en forma de grumos que dificultaban el cardado de esta misma y la posterior elaboración de las astillas. Y, por ende, las proporciones con las que fueron mezcladas también presentaron dicha imperfección. Por lo que tuvimos que repetir el proceso de cardado de las fibras sintéticas hasta que se evidenció una menor presencia de grumos.

Figura 14

Presencia de grumos en las astillas sintéticas



Nota: la figura muestra los grumos presentes en las astillas sintéticas fabricadas. Autores (2024).

Actividad 1.3. Producción Y Evaluación De Hilo.

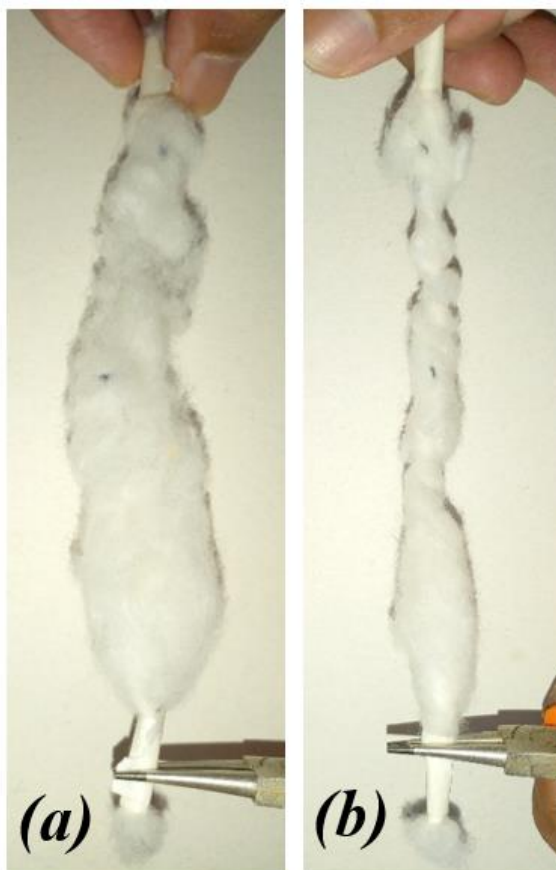
1.3.1. Prueba De Torsión.

Se realizó una torsión manual a los 10 tipos de astillas por separado. Para esto, se acondicionaron las astillas con cinta adhesiva en sus extremos y se les aplicó una torsión manual con giros a los extremos en direcciones opuestas, la fuerza de fricción aplicada proporcionó la unión y longitud de fibras necesarias que facilitó la elaboración de hilos con adecuadas propiedades de elongación y resistencia.

Figura 15

Prueba de torsión





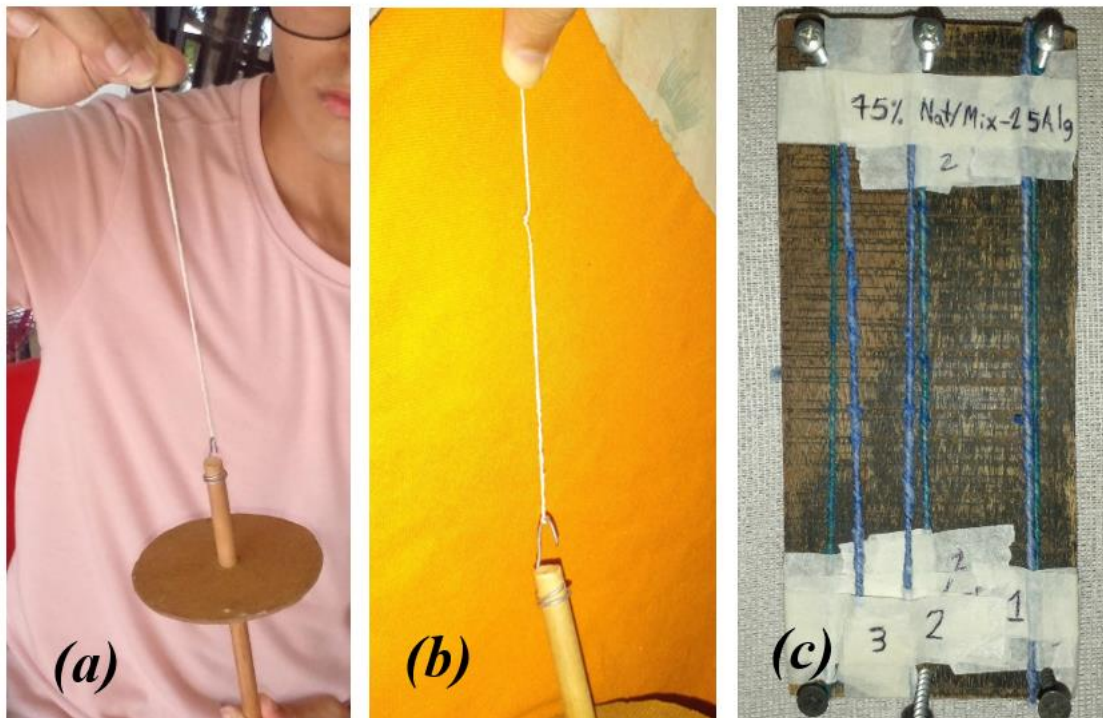
Nota: la figura muestra la prueba de torsión a las astillas, donde (a) y (b) representan el antes y después respectivamente. Autores (2024).

1.3.2 Hilatura.

Se fabricaron 30 muestras de hilos (3 cada proporción) de unos 18 cm de longitud, mediante un huso o rueca de mano (hiladora artesanal) con las astillas provenientes del cardado compuestas de algodón virgen y de textiles reciclados con proporciones de mezcla: (75 %–25 %, 50 %–50 % y 25 %–75 %). Adicionalmente, se preparó bajo los mismos parámetros de hilado una muestra de hilo con algodón 100% virgen. Todas las muestras de hilos fueron almacenadas en un soporte de madera para evitar que sus propiedades de elongación y resistencia sufrieran alguna alteración. Los resultados se muestran a continuación:

Figura 16

Proceso de hilatura

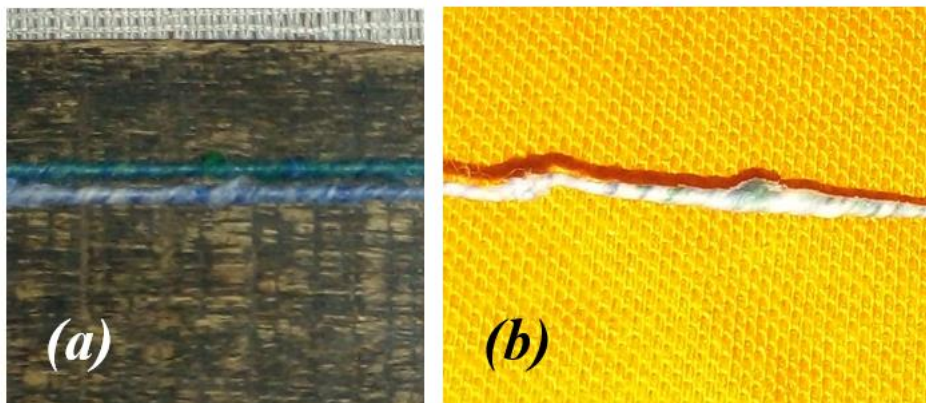


Nota: la figura muestra el procedimiento de hilatura donde (a): hilatura con rueca de mano, (b): muestra de hilo y (c): almacenamiento de las muestras. Autores (2024).

Se observó que los hilos fabricados que contenían alguna proporción de fibra sintética presentaron mayor presencia de imperfecciones en forma de nudos que deformaban la estructura del hilo. Sin embargo, los hilos elaborados con fibra natural y/o mixta presentaron estructuras más uniformes sin mayor presencia de nudos. Dicha diferencia se debe a la formación de grumos durante los procesos de trituración y cardado que fueron mayormente evidenciados en las fibras sintéticas.

Figura 17

Proceso de hilatura



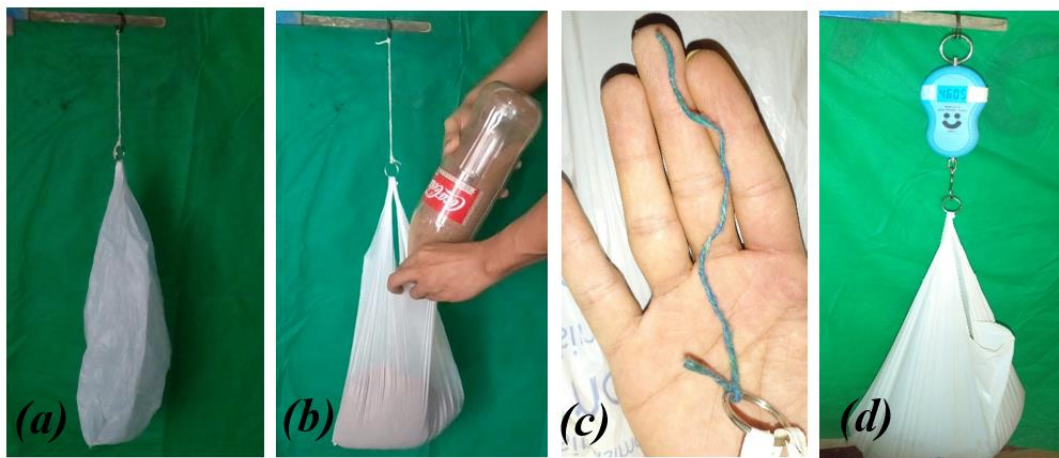
Nota: la figura muestra la comparación de imperfecciones donde (a): hilos uniformes con fibra natural y mixta, y (b): hilos de fibra sintética con mayor presencia de nudos. Autores (2024).

1.3.3 Ensayo De Tracción.

Se realizó el ensayo de tracción a las 30 muestras de hilos (3 de cada proporción) de la siguiente forma: estas fueron suspendidas de un soporte y se les fue aplicando una carga ascendente de arena hasta que fallaron, posteriormente se pesó la cantidad de arena utilizada en cada ensayo y se registró tal como se muestra a continuación:

Figura 18

Ensayo de tracción o rotura



Nota: la figura muestra la secuencia del ensayo de tracción de una muestra donde (a): es el hilo suspendido sobre el soporte, (b): es el aumento de carga ascendente (arena), (c): la falla de una muestra de hilo y (d): pesaje de la arena. Autores (2024).

Figura 19

Ensayo de tracción o rotura



Nota: la figura muestra los resultados del ensayo de tracción. Autores (2024).

Tabla 17

Resultados de ensayo de tracción

RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN							
TIPO DE HILO	PROPORCIONES DE MEZCLA		KG			prom	prom PORCENTAJES
			MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA	
1	75% NATURAL/ SINTÉTICA	25% ALGODÓN VIRGEN	3,375	7,380	3,350	4,702	4,459
2	75% NATURAL/ MIXTA	25% ALGODÓN VIRGEN	5,195	5,010	4,605	4,937	
3	75% SINTÉTICA/ MIXTA	25% ALGODÓN VIRGEN	3,125	5,015	3,080	3,740	
4	50% NATURAL/ SINTÉTICA	50% ALGODÓN VIRGEN	3,835	4,255	3,085	3,725	3,448
5	50% NATURAL/ MIXTA	50% ALGODÓN VIRGEN	5,200	2,715	2,815	3,577	
6	50% SINTÉTICA/ MIXTA	50% ALGODÓN VIRGEN	1,970	3,025	4,130	3,042	
7	25% NATURAL/ SINTÉTICA	75% ALGODÓN VIRGEN	2,745	3,545	3,075	3,122	3,379
8	25% NATURAL/ MIXTA	75% ALGODÓN VIRGEN	5,285	6,365	4,815	5,488	
9	25% SINTÉTICA/ MIXTA	75% ALGODÓN VIRGEN	1,395	1,715	1,470	1,527	
10	100% ALGODÓN VIRGEN		3,190	2,605	3,870	3,222	3,222

Nota: Resultados del ensayo de tracción y promedio por muestra y promedio por porcentajes de mezcla. Autores (2024).

DISEÑO EXPERIMENTAL COMPLETAMENTE ALEATORIO

A continuación, se describe el diseño experimental realizado de acuerdo a la metodología de Hernández et al., (2010e). En el que se presentan los resultados del diseño experimental en el que los 10 tratamientos y repeticiones corresponden a los 10 tipos de hilos y sus respectivos valores de resistencia descritos en la tabla 17.

Tabla 18

Diseño experimental completamente aleatorio

Trat Rep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	3,375	5,195	3,125	3,835	5,200	1,970	2,745	5,285	1,395	3,190		
2	7,380	5,010	5,015	4,255	2,715	3,025	3,545	6,365	1,715	2,605		
3	3,350	4,605	3,080	3,085	2,815	4,130	3,075	4,815	1,470	3,870		
$\Sigma y_{ij} = y_i$	14,11	14,81	11,22	11,18	10,73	9,13	9,37	16,47	4,58	9,67	111,24	Y..
Σy_i^2	77,08	73,29	44,40	42,33	42,34	30,09	29,56	91,63	7,05	31,94	469,70	
\bar{Y}_i	4,702	4,937	3,740	3,725	3,577	3,042	3,122	5,488	1,527	3,222	3,708	\bar{Y}_i

Nota diseño experimental donde Y.. = gran total, \bar{Y}_i .. = media global. Autores (2024)

Ecuación 2

Factor De Corrección

$$FC = \frac{(Y_{..})^2}{r * t} = \frac{(111,24)^2}{30} = 412,48$$

Nota: cálculo del Factor De Corrección. Adaptado de Hernández et al., (2010).

Autores (2024).

Ecuación 3

Suma De Cuadrados Total

$$S_{Ctotal} = \sum y^2_{ij} - FC = 469,7 - 412,48 = 57,22$$

Nota: cálculo de suma de cuadrados total. Adaptado de Hernández et al., (2010).
 Autores (2024).

Ecuación 4

Suma De Cuadrados De Tratamiento

$$SC_{trat} = \left[\frac{\sum Y_i^2}{r} \right] - FC$$

$$= \left[\frac{14.11^2 + 14.81^2 + 11.22^2 + 11.18^2 + 10.73^2 + 9.13^2 + 9.37^2 + 16.47^2 + 4.58^2 + 9.67^2}{3} \right] - 412.48$$

$$SC_{trat} = 34.63$$

Nota: cálculo de la suma de cuadrados de tratamiento. Adaptado de Hernández et al.,
 (2010). Autores (2024).

Ecuación 5

Suma De Cuadrados Del Error

$$SC_{error} = SC_{total} - SC_{trat} = 57.22 - 34.63 = 22.59$$

Nota: cálculo de la suma de cuadrados del error. Adaptado de Hernández et al.,
 (2010). Autores (2024).

Tabla 19

Análisis De La Varianza (ANOVA)

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fo	F _{Tab}	
					5%	1%
Tratamientos	(t-1) = 9	34.63	3.85	3.41	2.40	3.45
Error	T(r-1) = 20	22.59	1.13			
TOTAL	N-1 = 29	57.22				

Nota: datos de análisis de varianza donde GL= grados de libertad, SC= sumatoria de cuadrados, CM= cuadra medio, F_O = estadística F, F_{Tab} = F- tabulada. Autores (2024)

$$CM_{trat} = \frac{SC_{trat}}{GL_{trat}} = \frac{34.63}{9} = 3.85$$

$$CM_{\text{error}} = \frac{SC_{\text{error}}}{GL_{\text{error}}} = \frac{22.59}{20} = 1.13$$

$$F_o = \frac{CM_{\text{trat}}}{CM_{\text{error}}} = \frac{3.85}{1.13} = 3.41$$

Como podemos ver en la Tabla 19, el resultado de la estadística de F calculada (F_o) es mayor que la F tabulada al 5% pero menor que la F tabulada al 1%, esto significa que hay una diferencia significativa entre al menos algunos de los tratamientos, pero no se puede estar tan seguro de esta diferencia como se estaría si hubiera sido significativa al nivel del 1%. Por lo que, en este caso consideramos que si existe una diferencia significativa entre los tratamientos y procedimos a hacer un análisis adicional mediante la aplicación de la prueba de Tukey para determinar qué tratamientos difieren entre sí.

Ecuación 6

Prueba De Tukey

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| > q \alpha (Trat, GL_{\text{error}}) * \sqrt{\frac{CM_{\text{error}}}{r}}$$

Nota: Ecuación de Tukey. Adaptado de Hernández et al., (2010). Autores (2024).

$$T \alpha 0.05 = q \alpha 0.05(10, 20) * \sqrt{\frac{1.13}{3}}$$

$$T \alpha 0.05 = 5.01 * 0.61 = 3.06$$

Al reordenar de menor a mayor los valores de las medias de resistencia a la rotura de los hilos tenemos:

$Y_9 = 1,527$; $Y_6 = 3,042$; $Y_7 = 3,122$; $Y_{10} = 3,222$; $Y_5 = 3,577$; $Y_4 = 3,725$; $Y_3 = 3,740$; $Y_1 = 4,702$; $Y_2 = 4,937$; $Y_8 = 5,488$

Ecuación 7

Determinación del número de comparaciones

$$\text{Comparaciones} = \frac{t(t-1)}{2} = \frac{10(10-1)}{2} = 45$$

Nota: se presenta el cálculo del número de comparaciones en función de los tratamientos (t). adaptado de Hernández et al., (2010). Autores (2024).

Teniendo en cuenta el valor absoluto $|x|$, se presentan a continuación las comparaciones de las medias de resistencia a la rotura de los hilos:

1. $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_6| = |1,527 - 3,042| = |-1,515|$
2. $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_7| = |1,527 - 3,122| = |-1,595|$
3. $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_{10}| = |1,527 - 3,222| = |-1,695|$
4. $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_5| = |1,527 - 3,577| = |-2,050|$
5. $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_4| = |1,527 - 3,725| = |-2,198|$
6. $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_3| = |1,527 - 3,740| = |-2,213|$
7. $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_1| = |1,527 - 4,702| = |-3,175|*$
8. $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_2| = |1,527 - 4,937| = |-3,410|*$
9. $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_8| = |1,527 - 5,488| = |-3,961|*$
10. $|\bar{Y}_6 - \bar{Y}_7| = |3,042 - 3,122| = |-0,080|$
11. $|\bar{Y}_6 - \bar{Y}_{10}| = |3,042 - 3,222| = |-0,180|$
12. $|\bar{Y}_6 - \bar{Y}_5| = |3,042 - 3,577| = |-0,535|$
13. $|\bar{Y}_6 - \bar{Y}_4| = |3,042 - 3,725| = |-0,683|$
14. $|\bar{Y}_6 - \bar{Y}_3| = |3,042 - 3,740| = |-0,698|$
15. $|\bar{Y}_6 - \bar{Y}_1| = |3,042 - 4,702| = |-1,660|$
16. $|\bar{Y}_6 - \bar{Y}_2| = |3,042 - 4,937| = |-1,895|$
17. $|\bar{Y}_6 - \bar{Y}_8| = |3,042 - 5,488| = |-2,446|$
18. $|\bar{Y}_7 - \bar{Y}_{10}| = |3,122 - 3,222| = |-0,100|$
19. $|\bar{Y}_7 - \bar{Y}_5| = |3,122 - 3,577| = |-0,455|$
20. $|\bar{Y}_7 - \bar{Y}_4| = |3,122 - 3,725| = |-0,603|$
21. $|\bar{Y}_7 - \bar{Y}_3| = |3,122 - 3,740| = |-0,618|$
22. $|\bar{Y}_7 - \bar{Y}_1| = |3,122 - 4,702| = |-1,580|$
23. $|\bar{Y}_7 - \bar{Y}_2| = |3,122 - 4,937| = |-1,815|$

24. $|\bar{Y}_7 - \bar{Y}_8| = |3,122 - 5,488| = |-2,366|$
25. $|\bar{Y}_{10} - \bar{Y}_5| = |3,222 - 3,577| = |-0,355|$
26. $|\bar{Y}_{10} - \bar{Y}_4| = |3,222 - 3,725| = |-0,503|$
27. $|\bar{Y}_{10} - \bar{Y}_3| = |3,222 - 3,740| = |-0,518|$
28. $|\bar{Y}_{10} - \bar{Y}_1| = |3,222 - 4,702| = |-1,480|$
29. $|\bar{Y}_{10} - \bar{Y}_2| = |3,222 - 4,937| = |-1,715|$
30. $|\bar{Y}_{10} - \bar{Y}_8| = |3,222 - 5,488| = |-2,266|$
31. $|\bar{Y}_5 - \bar{Y}_4| = |3,577 - 3,725| = |-0,148|$
32. $|\bar{Y}_5 - \bar{Y}_3| = |3,577 - 3,740| = |-0,163|$
33. $|\bar{Y}_5 - \bar{Y}_1| = |3,577 - 4,702| = |-1,125|$
34. $|\bar{Y}_5 - \bar{Y}_2| = |3,577 - 4,937| = |-1,360|$
35. $|\bar{Y}_5 - \bar{Y}_8| = |3,577 - 5,488| = |-1,911|$
36. $|\bar{Y}_4 - \bar{Y}_3| = |3,725 - 3,740| = |-0,015|$
37. $|\bar{Y}_4 - \bar{Y}_1| = |3,725 - 4,702| = |-0,967|$
38. $|\bar{Y}_4 - \bar{Y}_2| = |3,725 - 4,937| = |-1,212|$
39. $|\bar{Y}_4 - \bar{Y}_8| = |3,725 - 5,488| = |-1,763|$
40. $|\bar{Y}_3 - \bar{Y}_1| = |3,740 - 4,702| = |-0,962|$
41. $|\bar{Y}_3 - \bar{Y}_2| = |3,740 - 4,937| = |-1,197|$
42. $|\bar{Y}_3 - \bar{Y}_8| = |3,740 - 5,488| = |-1,748|$
43. $|\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2| = |4,702 - 4,937| = |-0,235|$
44. $|\bar{Y}_1 - \bar{Y}_8| = |4,702 - 5,488| = |-0,786|$
45. $|\bar{Y}_2 - \bar{Y}_8| = |4,937 - 5,488| = |-0,551|$

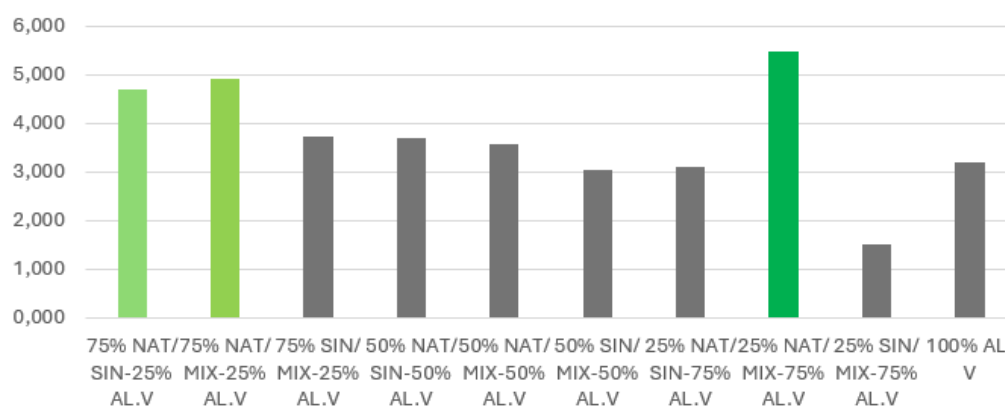
Analizando los resultados de las comparaciones realizadas tenemos que las comparaciones $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_8| = |-3,961|$, $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_2| = |-3,410|$, $|\bar{Y}_9 - \bar{Y}_1| = |-3,175|$ respectivamente, son los valores que están por encima del valor de la prueba de TUKEY ($T \propto 0.05 = 3.06$). por lo que, se puede inferir que estos son los únicos tratamientos que presentan diferencia significativa

respecto a los demás. A su vez, estadísticamente el tratamiento \bar{Y}_8 es el que presenta mejor resistencia a la rotura debido a su mayor diferencia significativa con respecto lo otros dos. De esta forma, se confirma que la hipótesis planteada es válida, ya que, la variación en la composición en los hilos determina su resistencia a la rotura.

De acuerdo con los resultados obtenidos (tabla 17), las 3 mejores proporciones de mezclas (fibra virgen/fibra reciclada) que más resistencia presentan son: [25% NATURAL/ MIXTA - 75% ALGODÓN VIRGEN], [75% NATURAL/ MIXTA - 25% ALGODÓN VIRGEN] y [75% NATURAL/ SINTÉTICA - 25% ALGODÓN VIRGEN] en ese orden. Lo que indica que son las más adecuadas para producir hilo a partir de residuos textiles reciclados. Un hecho para tener en cuenta es que la resistencia de dichas proporciones de mezcla fue notablemente superior que la del tratamiento testigo (100% ALGODÓN VIRGEN), lo que puede deberse a que la combinación de varios tipos de fibras utilizadas en las astillas, le dieron mayor consistencia y permitieron una adhesión más eficaz en entre estas mismas. Cabe resaltar que 2 de las 3 muestras de hilos más resistentes, están compuestas en un 75% de fibras recicladas. (tabla 17). Además, al promediar y comparar el rendimiento de todas las muestras de hilo únicamente por el porcentaje de fibras utilizadas, obtenemos que la capacidad de resistencia es directamente proporcional a la cantidad de fibras textiles recicladas. De una prenda textil triturada se pueden obtener en promedio 250 gramos de fibra textil, lo que equivale a producir 25 muestras de hilo de 18 cm de longitud y a su vez, corresponden a la elaboración de una tela uniforme de 150 cm².

Figura 20

Promedio por muestras y resistencia



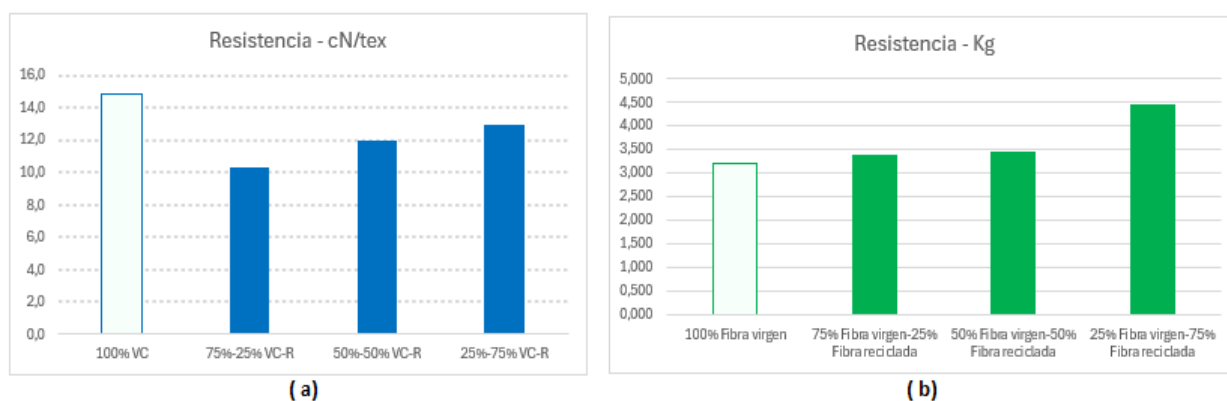
Nota: la figura presenta la media entre cada muestra realizada y su respectivo porcentaje. Autores (2024)

Por otra parte, la proporción de mezcla NATURAL/ MIXTA presentó la mejor resistencia de entre todas las fibras recicladas, estando presente en 2 de las 3 muestras seleccionadas. A su vez, la de peor rendimiento fue la de SINTÉTICA/ MIXTA al estar significativamente debajo del promedio de todos los tipos de fibra (ver tabla 17).

Contrastando nuestros resultados con los de la investigación realizada por Awgichew et al (2021e), en la figura 21, un aspecto en común es que la resistencia a la tracción o rotura de los hilos compuestos por fibras recicladas tiende a ser mayor que la de los hilos de algodón virgen. Con la notoria diferencia en el análisis de los datos del ensayo de rotura, ellos no presentan una diferencia estadísticamente significativa como si ocurre en nuestro (3 tipos de hilos si la presentan respecto a las demás muestras). Sin embargo, es necesario destacar que el proceso de hilatura lo realizaron con una hiladora industrial de rotor OE y en nuestro caso se utilizó una rueca artesanal. Por lo que el error humano en la hilatura pudo haber significado de alguna forma, una variación en los resultados.

Figura 21

Comparación resultados ensayos de tracción



Nota: la figura presenta los resultados de resistencia de los hilos de 2 estudios comparados, donde: (a) corresponde al estudio Awgichew et, sus variables: VC= algodón virgen, R= fibra reciclada, y (b) son los resultados del presente estudio. Autores (2024).

Otra diferencia marcada es que su hilo 100% algodón virgen tiene la mayor resistencia a la rotura y en nuestra investigación, este mismo tuvo el peor rendimiento ver figura 21. Esto puede

deberse al método de hilatura artesanal que, al realizarse de forma manual, el creciente número de fibras recicladas, aportaron más propiedades de entrelazamiento y resistencia al hilo que las fibras de algodón virgen que son más finas y difíciles de manipular.

Actividad 1.4. Tejido Manual.

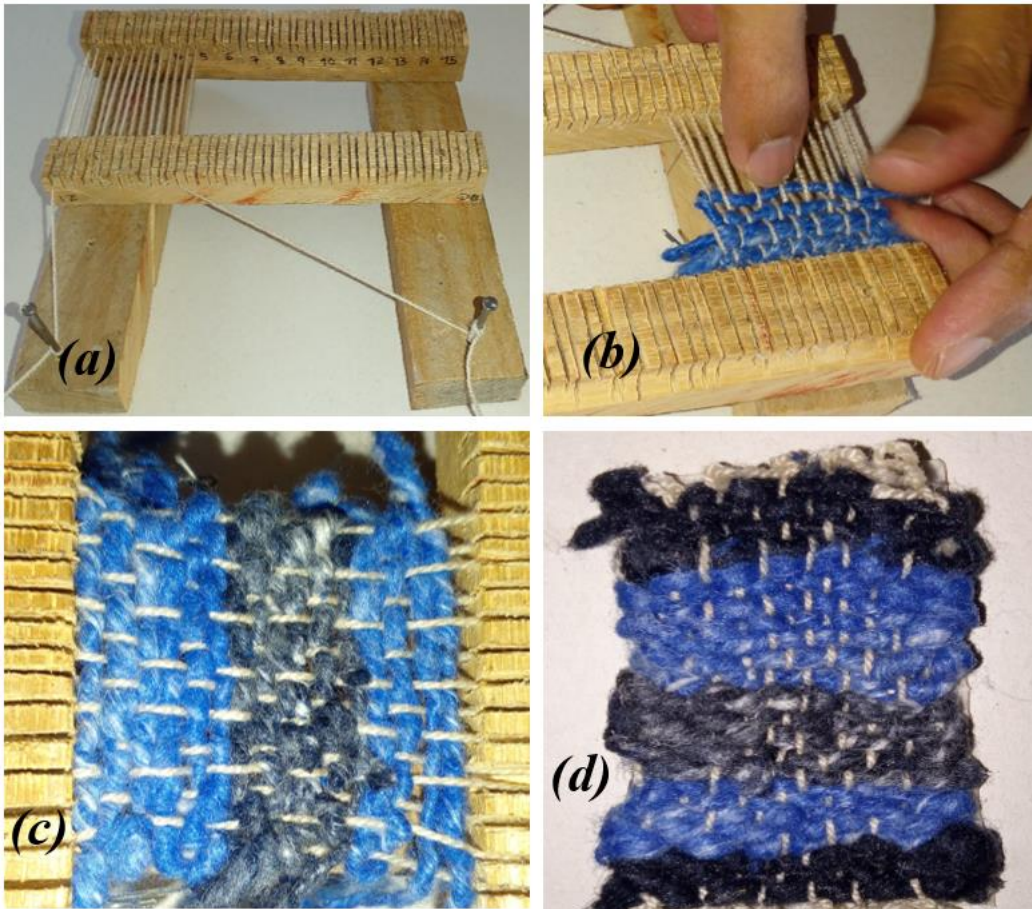
1.4.1. Elaboración De Muestras De Telas Uniformes.

Se elaboraron muestras de telas uniformes con los 3 hilos con mejores proporciones de mezclas establecidos en la actividad anterior. Para esto utilizamos un telar bastidor horizontal fabricado en madera en el que se implementaron técnicas de tejido artesanal de urdimbre, en el que un conjunto de hilos colocados en el telar paralelamente unos a otros forman la tela uniforme. En total se utilizaron 15 hilos (5 de cada tipo) que dimensionaron la muestra de tela en 18 cm de largo y 5 cm de ancho que corresponden a unos 90 cm². Los resultados se muestran a continuación:

Figura 22



Proceso de tejido manual



Nota: en la figura se muestran (a): el telar horizontal, (b): técnica de tejido manual, (c): muestra parcial de tela y (d): muestra de tela uniforme terminada. Autores (2024).

Etapa 2: Determinación De Las ASPI De Entrada Y Salida De Los Procesos Asociados A La Obtención De Materia Prima Para La Fabricación De Capellada

Al momento de determinar los aspectos ambientales involucrados en nuestro proceso de transformación, tuvimos en cuenta el concepto de la evaluación del ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés), ya que este puede afectar el sistema de producción. Para esto, enfocamos el LCA para evaluar la estrategia de aprovechamiento desarrollada en la presente investigación en un contexto a futuro para obtener información que nos sea útil para determinar la relación costo-beneficio que comprende la etapa siguiente. A continuación, se describirán las fases del LCA implementadas,

partiendo de la definición del objetivo y alcance (la cuantificación de las acciones susceptibles de producir impacto en toda la fase experimental), luego está la identificación de los puntos críticos y por último tenemos las compensaciones relacionadas a los aspectos ambientales y el apoyo a la hora de tomar decisiones.

Actividad 2.1. Determinación Del Objetivo Y Alcance.

En el contexto de todo el procesamiento de residuos textiles realizados en el primer objetivo de la presente investigación para evaluar la utilización de fibras recicladas en la obtención de materia prima para calzado artesanal, determinamos como objetivo de la evaluación del ciclo de vida: la cuantificación de las acciones susceptibles de producir impacto (ASPI) de entrada y salida ocurridas durante la ejecución de esta misma. Cabe resaltar que el alcance lo definimos para toda la fase experimental (debido a su carácter iterativo) y no únicamente a las conclusiones derivadas del procesamiento de los residuos textiles. Por lo que, incluso las proporciones de mezcla descartadas en esta, también se les fueron cuantificadas sus ASPI. De esta forma, podemos inferir que enfocamos el LCA para que se adaptara a los aspectos metodológicos de la investigación.



Actividad 2.2. Identificación De Los Aspectos De Entrada Y Salida.


A continuación, se presenta de manera específica por actividad, los aspectos de entrada y salida que son susceptibles de producir impacto a lo largo de toda la cadena de procesamiento. Se registró la cantidad y peso de cada uno de estos.

Tabla 20



Identificación de los aspectos de entrada y salida de cada actividad de procesamiento



ENTRADA	PROCESOS	SALIDA	
Caracterización y recolección de la fracción textil			
--	1.1. Revisión bibliográfica	--	--


--	1.2. Definición de la fracción textil	--	--
7 cajas de cartón, 250 bolsas plásticas aproximadamente, papelería, vehículo de transporte (motocicleta y bicicleta) y recurso humano	1.3. Recolección de la fracción textil	Residuos de: cajas de cartón, bolsas plásticas y papelería, 4175 gramos de CO2 emitidos por 25 Km de recorrido aproximadamente en motocicleta.	
Recursos de papelería, bolsas plásticas, Dinamómetro, los residuos recolectados y recurso humano	1.4. Cuantificación De La Producción Per Cápita De Residuos Textiles	Residuos de bolsas plásticas y papelería.	--
--	1.5. Determinación De La Muestra De Procesamiento	--	--
Cajas de cartón, recursos de papelería, elementos de protección, Dinamómetro y recurso humano	1.6. Clasificación y Evaluación de la calidad de la fracción textil	0.705 kg de residuos textiles descartados.	

			
--	--	--	---


Procesamiento de la fracción textil

<p>Lavadora semiautomática, 5.5 Lt de Agua, 130 W electricidad, 500 Gr de detergente en polvo y recurso humano</p>	<p>2.1. Acondicionamiento y lavado de los residuos textiles</p>	<p>0.33 Kg de: accesorios de metal, plástico, botones, broches, correderas, bordados, estampados, hebillas y otros objetos descartados. 5.5 Lt de residuos líquidos con agentes químicos.</p>	
<p>Tijeras, cardas, cepillos de acero, cuchillos dentados, pinzas, soporte de madera, residuos textiles recolectados y recurso humano.</p>	<p>2.2. Triturado manual de la fracción textil</p>	<p>0.98 Kg de Microfibras de algodón/poliéster, retazos, tiras y fibras textiles que no cumplan con los criterios de calidad.</p>	



			
<p>Algodón virgen, fibras recicladas, cardas, cepillos metálicos y recurso humano</p>	<p>2.3. Cardado de las fibras textiles</p>	<p>0.295 kg de filamentos, hebras, pelusas y cualquier otro residuo que no cumplieron con los criterios de calidad.</p>	



			
--	--	--	---


Producción y evaluación de hilo

<p>Astillas, cinta adhesiva, pinzas sujetadoras y recurso humano</p>	<p>3.1. Prueba de torsión</p>	<p>0.055 kg correspondientes a 3 Astillas (en forma de residuo) que no hayan soportado la prueba de torsión.</p>	
--	-------------------------------	--	---



<p>Astillas, uso o rueca de mano y recurso humano</p>	<p>3.2. Hilatura</p>	<p>0.110 kg de Residuos de hilatura como trozos y fracciones de este, y fibras textiles.</p>	 
---	----------------------	--	--

<p>Hilo, dinamómetro, soporte de madera, arena y recurso humano</p>	<p>3.3. Ensayo de tracción</p>	<p>0.325 kg (30 Trozos y fracciones de hilos) y 10 bolsas plásticas estropeadas.</p>	 
<p>Tejido</p>			

<p>Hilos, telar horizontal y recurso humano</p>	<p>4.1. Elaboración de muestras de telas uniformes</p>	<p>0.08 kg de Residuos de tejido manual como fracciones/ hebras de hilo y tiras, trozos o retazos de tela.</p>	
<p>TOTAL RESIDUOS GENERADOS (Kg)</p>		<p>2.88</p>	

Nota: la tabla presenta los distintos aspectos de entrada y salida resultantes para cada actividad relacionada con la producción de materia prima necesaria en la elaboración de capelladas. Autores (2024).

En total, de los 9.91 kg de muestra de procesamiento disponible, se procesaron 6.4 kg de textiles. De los cuales se generaron durante las actividades de procesamiento un total de 2.88 kg de residuos textiles de varios tipos. Siguiendo con el LCA, se describen a continuación los puntos críticos de mayor relevancia encontrados:

En el proceso de **Caracterización y recolección de la fracción textil** se identificaron dos puntos críticos: la recolección de la fracción textil y la Clasificación y Evaluación de la calidad de la fracción textil por ser las actividades de procesamiento que más residuos significativos generaron. Resaltando los residuos provenientes de recursos indirectos como las bolsas plásticas y vehículos de transporte utilizados.

En el **procesamiento de la fracción textil** se identifican los siguientes puntos críticos: acondicionamiento y lavado de los residuos textiles y la trituración manual de la fracción textil. Destacan las microfibras de algodón y poliéster derivadas de la trituración y los residuos líquidos cargados con agentes químicos resultantes del lavado.

En la **Producción y evaluación de hilo** se identifica la hilatura como punto crítico, debido a los residuos generados por los múltiples ensayos fallidos realizados para obtener las muestras.

Para finalizar con el LCA de los residuos textiles, bajo el concepto de compensación a los puntos críticos identificados, se hicieron dos donaciones para favorecer e incentivar el flujo de materiales entre pequeños sectores económicos productivos: la primera fue de 52.7 kg de fracciones textiles (generados durante la trituración y el resto como parte de la muestra de procesamiento y de la recolección que no fue utilizada) como retazos, pelusa, fibras, entre otros; los cuales están destinados para su utilización en la fabricación artesanal de productos textiles como bolsos, rellenos, limpiones, individuales y porta cubiertos. La segunda consistió en los botones, broches y correderas en buen estado (generados durante el acondicionamiento de la fracción textil) que están destinados para ser utilizados en los servicios de modistería locales.

Debido a las características de generación de algunos de los residuos como las microfibras, restos de hilos y los provenientes de la recolección, estos no fueron considerados en las medidas de compensación. Sin embargo, su eventual gestión está definida por algunas decisiones y recomendaciones que se planteen para mejorar la estrategia de procesamiento, lo que reduciría la generación de estos mismo a futuro. De esta forma, hemos completado el análisis teniendo en cuenta el ciclo de vida de los residuos textiles desde su recolección y uso de materias primas hasta su posterior gestión una vez ha culminado su vida útil a través del flujo de materiales.

Etapa 3: Establecimiento De La Relación Costo-Beneficio Del Proceso De Transformación De Los Residuos Textiles Reciclados

Para el establecimiento de la relación costo-beneficio del proceso de transformación de los residuos textiles reciclados, primero se realizó una cotización en el mercado con fines comparativos del precio de los insumos elaborados en cada proceso. Luego se determinaron los costos totales de los procesos de producción involucrados (Elaboración de las fibras recicladas, elaboración de hilos

y la elaboración de telas uniformes) y, por último, se obtuvo a partir de los 2 aspectos anteriores el precio de mercado de cada producto.

Actividad 3.1. Determinación Del Precio De Mercado De Las Astillas.

3.1.1. Cotización De Fibras Vírgenes 100% Algodón.

Se consultaron varios establecimientos comerciales dedicados al diseño y fabricación de textiles en el municipio de Valledupar y no se encontró oferta de astillas. Ante esta limitación se consultaron en línea varios sitios web y se cotizaron los siguientes:

Astilla 1: Fibra De Algodón Para Hilar (50g - \$50,440) Marca: Living Dreams Yarn.

Astilla 2: Fibra de algodón natural (50g - \$ 6953,44) Marca: Tejo lo que Hilo.

Astilla 3: Tapa peinada de algodón para hilar (50g - \$41594,19) Marca: Etsy, Inc.

3.1.2. Cuantificación De Los Costos Totales De Producción.

Los costos de producción de las 3 astillas compuestas por las proporciones de mezcla establecidas en la etapa 1 de la investigación, se cuantificaron de acuerdo con la cantidad y costo de los insumos (Gr) y mano de obra (Horas) requerida para su elaboración. Cabe resaltar que para elaborar una astilla convencional de 13cm Largo x 3cm Ancho x 1.5cm Alto, se utilizaron alrededor de 10 gramos de fibra. Los insumos utilizados en la fabricación de las 3 astillas se presentan a continuación:

Astilla 1: [2.5g (25%) fibra NATURAL/ MIXTA – 7.5g (75%) fibra ALGODÓN VIRGEN]

Astilla 2: [7.5g (75%) fibra NATURAL/ MIXTA – 2.5g (25%) fibra ALGODÓN VIRGEN]

Astilla 3: [7.5g (75%) fibra NATURAL/ SINTÉTICA – 2.5g (25%) fibra ALGODÓN VIRGEN]

Para establecer el precio de la mano de obra de la trituración y el cardado realizado, se consultó un artesano y este indicó que el precio del procesamiento de 500 gramos de fibra ronda los \$30,000. Por lo que, triturar y cardar un gramo de fibra cuesta alrededor de \$60, y elaborar una astilla (de 10 gramos) cuesta \$600. Es necesario aclarar que el precio de la fibra reciclada no considera la recolección de los residuos textiles, por lo que el único criterio tenido en cuenta fue el procesamiento de estos mismos. A su vez, respecto al algodón virgen, fueron comprados a una plantación cerca de 900 gramos de algodón crudo que costaron \$25,000 (\$28 por gramo).

3.1.3. Cálculo Del Precio De Mercado De La Astilla.

El precio de mercado de cada astilla se fijó de acuerdo con la ecuación 2 descrita al inicio de la etapa, que hace referencia al precio de una astilla por unidad en base a los costos totales de producción. El porcentaje de ganancia establecido fue de 10%. El Cálculo del costo por unidad de las astillas se muestran a continuación:

$$\text{Astilla 1} = \frac{\$810 + \$81}{1} = \$891$$

$$\text{Astilla 2} = \frac{\$670 + \$67}{1} = \$737$$

$$\text{Astilla 3} = \frac{\$670 + \$67}{1} = \$737$$

Tabla 21

Determinación precio de mercado de las Astillas

ANALISIS COSTO - BENEFICIO DE TODO EL PROCESO DE PRODUCCION DEL PROYECTO DESDE MATERIA PRIMA HASTA PRODUCTO FINAL												
Determinación precio de mercado de las Astillas												
Cotización			Costo de producción									
No	Astillas	precio (\$)	No	Insumos				Mano de obra		Logística	Costo total de producción (\$)	Precio de mercado (\$)
				Fibras Reciclada (gr)	Costo (\$)	Fibras Virgen (gr)	Costo (\$)	Mano De Obra (Horas)	Costo (\$)	Costo (\$)		
1	Living Dreams Yarn	50,440	1	2.5	-	7.5	210	0.5	600	-	810	891
2	Tejo lo que Hilo	6953,44	2	7.5	-	2.5	70	0.5	600	-	670	737
3	Etsy	41594,19	3	7.5	-	2.5	70	0.5	600	-	670	737
Promedio		32,996	Total								2,150	2,365

Nota: la tabla presenta los datos requeridos para fijar el precio de mercado de las astillas. Autores (2024).

Actividad 3.2. Determinación Del Precio De Mercado De Hilos.

3.2.1. Cotización De Hilos.

Se consultaron varios establecimientos comerciales dedicados al diseño/fabricación de textiles y se cotizaron los siguientes productos:

Hilo 1: Ovillo Hilo Algodón Eco Euroroma 600grs Crochet Macrame 3mm (\$33.000) Marca: EuroRoma.

Hilo 2: Ovillo Hilo Algodon Eco 150gr Euroroma Macrame Crochet 1.5mm (\$17.000) Marca: Passione.

Hilo 3: Hilo Anne Circulo 100% Algodón Mercerizado 150grs 500mts (\$28.000) Marca: Anne.

3.2.2. Cuantificación De Los Costos Totales Del Proceso De Hilatura.

Los costos de producción de las 3 muestras de hilos se cuantificaron de acuerdo con la cantidad y costo de los insumos (astillas) y mano de obra (Horas) requerida para su elaboración. Los insumos utilizados son las 3 astillas resultantes del proceso anterior, por lo que su precio de mercado y la composición de fibra es la misma, estos se muestran a continuación:

Hilo 1: Astilla [2.5g (25%) fibra NATURAL/ MIXTA – 7.5g (75%) fibra ALGODÓN VIRGEN] Precio: \$891

Hilo 2: Astilla [7.5g (75%) fibra NATURAL/ MIXTA – 2.5g (25%) fibra ALGODÓN VIRGEN] Precio: \$737

Hilo 3: Astilla [7.5g (75%) fibra NATURAL/ SINTÉTICA – 2.5g (25%) fibra ALGODÓN VIRGEN] Precio: \$737

Para establecer el precio de la mano de obra de la hilatura realizada, se consultó un artesano y este indicó que el precio de hilar 30 astillas para obtener 30 muestras de hilos, ronda los \$15,000. Por lo que, elaborar una muestra de hilo de 18 cm de longitud cuesta alrededor de \$500. En este caso si se tuvo en cuenta la el precio de los insumos (astillas) ya que fueron elaboradas por nosotros mismos anteriormente.

3.2.3. Cálculo Del Precio De Mercado De Los Hilos.

Al igual que el producto anterior, el precio de mercado de los hilos se fijó de acuerdo con la ecuación 2 descrita al inicio de la etapa, que hace referencia al precio de una muestra

de hilo por unidad en base a los costos totales de producción. El porcentaje de ganancia también es del 10%. El Cálculo del costo por unidad de los hilos se muestran a continuación:

$$\text{Hilo 1} = \frac{\$1,391 + \$139.1}{1} = \$1,530$$

$$\text{Hilo 2} = \frac{\$1,237 + \$123.7}{1} = \$1,361$$

$$\text{Hilo 3} = \frac{\$1,237 + \$123.7}{1} = \$1,361$$



Tabla 22

Determinación precio de mercado de los hilos

Determinación precio de mercado de los hilos												
Cotización			Costo de producción									
No	Hilo	precio (\$)	No	Insumos		Equipos		Mano de obra		Logística	Costo total de producción (\$)	Precio de mercado (\$)
				Astillas (Un)	Costo (\$)	Cantidad (Un)	Costo (\$)	Mano De Obra (Horas)	Costo (\$)	Costo (\$)		
1	EuroRoma	33.000	1	1	891	1 rueca Artesanal	-	0.25	500	-	1,391	1,530
2	Passione	17.000	2	1	737			0.25	500		1,237	1,361
3	Anne	28.000	3	1	737			0.25	500		1,237	1,361
Promedio		26,000	Total								3,865	4,252

Nota: la tabla presenta los datos requeridos para fijar el precio de mercado de los hilos. Autores (2024).

Actividad 3.3. Determinación Del Precio De Mercado De Telas Uniformes.

3.3.1. Cotización De Telas Uniformes.

Se consultaron varios establecimientos comerciales dedicados al diseño/fabricación de textiles y se cotizaron los siguientes productos:

Tela 1: Tela Lona Calima-costeña 100% Algodon X Metros (\$29.900/m) Marca: Texticorp

Tela 2: Tela Lona Madreselva / Leona Para Bordar Algodón Ancho 1.50m (\$21.600/m)
Marca: San Jacinto

Tela 3: Tela Lienzo De 4.3 Onz 1 Metro Bordar Pintar 100% Algodón (\$21.900/m) Marca: San Jacinto

3.3.2. Cuantificación De Los Costos Totales Del Proceso Tejido.

Los costos de producción de las muestras de telas se cuantificaron de acuerdo con la cantidad y costo de los insumos (Hilos) y mano de obra (Horas) requerida para su elaboración. Los insumos utilizados son los 3 tipos de hilos resultantes del proceso anterior, por lo que su precio de mercado y la composición de fibra es la misma, estos se muestran a continuación:

Muestra de tela: Hilo 1 [25% fibra NATURAL/ MIXTA –75% fibra ALGODÓN VIRGEN] Precio: \$1,530/Un; **Hilo 2** [75% fibra NATURAL/ MIXTA – 25% fibra ALGODÓN VIRGEN] Precio: \$1,361/Un; **Hilo 3** [75% fibra NATURAL/ SINTÉTICA – 25% fibra ALGODÓN VIRGEN] Precio: \$1,361/Un

Para establecer el precio de la mano de obra del tejido artesanal con rueca horizontal realizado, se consultó un artesano y este indicó que el precio de tejer una muestra de tela de 20 a 30 cm de ancho ronda los \$8,000 (las dimensiones de la tela dependen de la cantidad y longitud de los hilos). Cabe resaltar que la muestra de tela uniforme contiene los 3 tipos de hilos y, la dimensión de esta se debe a que su fin es ser materia prima en la producción de calzado artesanal. También se tuvo en cuenta el precio de los insumos (hilos) ya que fueron elaborados por nosotros mismos anteriormente.

3.2.3. Cálculo Del Precio De Mercado De La Tela Uniforme.

El precio de mercado de la tela uniforme se fijó de acuerdo con la ecuación 2 descrita al inicio de la etapa, que hace referencia al precio de una muestra de tela por unidad en base a

los costos totales de producción. El porcentaje de ganancia seleccionado es del 10%. El Cálculo se muestra a continuación:

$$\text{Tela} = \frac{\$29,260 + 2,926}{1} = \$32,186$$

Sin embargo, hay que señalar que el precio puede variar dependiendo de las dimensiones que se le dé a la tela, este va en función de la cantidad de hilos que se requieran para tejerse.



Tabla 23

Determinación precio de mercado de telas uniformes

Determinación precio de mercado de las telas uniformes												
Cotización			Costo de producción									
No	Tela	precio (\$/m)	No	Insumos		Equipos		Mano de obra		Logística	Costo total de producción (\$)	Precio de mercado (\$)
				Hilo (Un)	Costo (\$)	Cantidad (Un)	Costo (\$)	Mano De Obra (Horas)	Costo (\$)	Costo (\$)		
1	Texticorp	29.900	1	5	7,650	1 telar horizontal	-	2	8,000	-	29,260	32,186
2	San Jacinto	21.600	2	5	6,805							
3	San Jacinto	21.900	3	5	6,805							
Promedio		24,467	Total		21,260							

Nota: la tabla presenta los datos requeridos para fijar el precio de mercado de telas uniformes. Autores (2024).

7. CONCLUSIONES

Transformar los residuos textiles en materia prima necesaria para la elaboración de “capelladas” en la producción de calzado artesanal:

La medición de las propiedades de resistencia a la tracción o rotura de los hilos fabricados reveló que en comparación con la muestra de hilo 100% algodón virgen (tratamiento testigo), los hilos compuestos en su mayoría de fibras recicladas presentaron mayor resistencia. Destacando que el análisis ANOVA revela que las 3 mejores muestras que tuvieron una diferencia estadística significativa sobre las demás, son: [25% NATURAL/ MIXTA - 75% ALGODÓN VIRGEN], [75% NATURAL/ MIXTA - 25% ALGODÓN VIRGEN] y [75% NATURAL/ SINTÉTICA - 25% ALGODÓN VIRGEN] respectivamente (ver tabla 17). A su vez, analizando de manera individual, el tipo de fibra y el porcentaje de mezcla con mejor rendimiento son: NATURAL/ MIXTA y [75% FIBRA RECICLADA - 25% ALGODÓN VIRGEN] respectivamente, lo cual es propicio para el reciclaje textil debido a que este tipo de fibras fueron las de mayor presencia en la muestra de procesamiento (natural 32%, mixta 49%) (ver figura 7). Según los resultados del análisis realizado, se puede concluir que la resistencia de los hilos es directamente proporcional a la composición de fibras recicladas que poseen.

No obstante, se observó una limitación en la fase de trituración de los textiles, ya que, al realizarse de forma manual con cepillos metálicos, se requirió de mayor mano de obra para su ejecución. Aun así, los textiles sintéticos presentaron la mayor cantidad de grumos en sus fibras, lo que pudo haber condicionado su rendimiento en la prueba de tracción y por ende, explicaría la baja resistencia que registró (ver figura 17).

Determinar las ASPIs de entrada y salida de los procesos asociados a la obtención de materia prima para la fabricación de capellada:

Respecto a la evaluación del ciclo de vida de los residuos textiles realizado, la determinación de las ASPI de entrada y salida para cada actividad de procesamiento arrojó

que los puntos críticos (por la generación de residuos) de mayor importancia ocurren durante las fases de: Clasificación y Evaluación de la calidad de la fracción textil, la trituración manual de la fracción textil y el proceso de hilatura. Sin embargo, dicha generación de residuos se debe más al carácter iterativo de la experimentación propia de la investigación que a una deficiencia en la estrategia de procesamiento realizada. Si comparamos el valor de la PPC de residuos textiles cuantificada de 0.235 Kg/Hab con el valor de 6.4 Kg de residuos textiles procesados a lo largo de la investigación (resultantes de los 9.91 Kg de residuos textiles establecidos como muestra de procesamiento), en total se reciclaron el equivalente a la producción semanal de residuos textiles de 27 habitantes de las comunas 3 y 4 del municipio de Valledupar. Además, según BIR (2018b) esto corresponde a la reducción de 23.04 kg de emisiones de CO₂. Por lo que, el impacto positivo es mucho mayor que los posibles impactos ambientales que pueden producir los 2.88 kg de residuos textiles de procesamiento generados durante la investigación.

En materia ambiental, los resultados del LCA indican que la estrategia aprovechamiento implementada produce los siguientes beneficios ambientales: reducción de la carga contaminante en los sitios de disposición final a través de la recolección realizada, la disminución de emisiones de CO₂ a largo plazo mediante el procesamiento de los residuos textiles para la obtención de materia prima para calzado artesanal, y por último, la incentivación del flujo de materiales entre sectores económicos por medio de la compensación realizada en forma de donaciones a artesanos y modisterías locales.

Establecer la relación costo-beneficio del proceso de transformación de los residuos textiles reciclados:

En el contexto de la transformación de residuos textiles en materia prima asociada la fabricación de calzado artesanal, se llevó a cabo el establecimiento de la relación costo-beneficio de dicha estrategia mediante 3 actividades: Una cotización de ejemplares, la determinación de los costos totales de producción y la fijación del precio de mercado de las astillas, hilos y telas uniformes elaboradas. La cotización reveló que, de los tres productos estudiados, solo las astillas (al ser el primer producto en la cadena de producción) resultaron ser significativamente más económicas en comparación con productos semejantes del mercado fabricados de forma industrial. En el caso de los hilos y las telas uniformes, dado que

su principal insumo son las astillas (directa e indirectamente respectivamente), la mano de obra elevada en la producción de estas condiciona los costos de los hilos y las telas uniformes, lo que resulta en un precio menos competitivo en el mercado. Sin embargo, se debe tener en cuenta la importancia de resaltar y priorizar el valor agregado que aporta la producción artesanal debido a la exclusividad de sus productos.

Por otra parte, al analizar la producción de los 3 tipos de astillas, hilos y la tela uniforme (ver tabla 21, 22, 23), se observa que la proporción de mezcla más económica es la de [75% fibra RECICLADA–25% fibra ALGODÓN VIRGEN], por lo que se concluye que, entre mayor sea la proporción de fibras recicladas que se utilicen para su fabricación, menor serán sus respectivos costos totales de producción y, por ende, menor serán sus precios de mercado. Esto es debido a que, la cadena de procesamiento inicia con las astillas y considerando que su insumo es la fibra textil, es más barato producir un gramo de fibra reciclada que uno de algodón virgen.

Para finalizar, la metodología planteada demostró ser una alternativa sostenible de gestión de residuos textiles post consumo generados en los hogares que, mediante la aplicación de la economía circular, propicia la elaboración de productos con alto contenido de residuos textiles reciclados que aportan igual o mayores propiedades de resistencia que los materiales vírgenes como el algodón natural. Además, estos productos sirven como materia prima en la de fabricación de calzado artesanal.

La estrategia de aprovechamiento planteada genera impactos positivos en varios aspectos: En materia ambiental, el reciclaje textil permite la disminución de la carga contaminante en los sitios de disposición final, limita la dependencia de materiales vírgenes cuya producción en la industria textil implica altos consumos de agua, fertilizantes y emisiones de gases de efecto invernadero. En los aspectos económicos y sociales permite la reducción de los costos en la producción artesanal, crea oportunidades económicas para los artesanos, favorece la integración de los mercados locales mediante la aplicación del flujo de materiales y fortalece el tejido social, promueve la colaboración y el desarrollo sostenible a nivel comunitario.

8. RECOMENDACIONES

En el contexto de las limitaciones presentadas durante la investigación, la mayoría pertenecen a la fase de procesamiento, en la cual se identificaron barreras que obstaculizaron la ejecución de los procesos, estas fueron: La estrategia de aprovechamiento implementada nos condujo a una **revisión bibliográfica** sin éxito para conocer la cantidad de residuos textiles generados en los hogares del municipio de Valledupar. Esto representó una limitación para al alcance de nuestra investigación, ya que nos obligó a diseñar una metodología de cuantificación de la producción per cápita de dichos residuos. Por lo que se recomienda a las partes pertinentes incluir a los residuos textiles dentro de la caracterización realizada en el marco del Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos de la ciudad. En la fase de **recolección de la fracción textil** es de suma importancia tener en cuenta las condiciones de almacenamiento y manejo de los textiles con el fin de prevenir la proliferación de vectores y plagas. Para garantizar la calidad y la integridad de los textiles recolectados, se deben sugerir protocolos de almacenamiento que incluyan la protección contra la humedad, la exposición a la luz solar directa y la ventilación adecuada. Además, es esencial el uso de etiquetados sencillos en las bolsas para evitar errores en el registro de la información. Con estas medidas se puede garantizar la eficacia del proceso de recolección de la fracción textil.

En la **caracterización y evaluación de la calidad de la fracción textil** se recomienda redefinir las condiciones evitables planteadas para incluir textiles con tejidos Oxford, ya que sus características solo permitieron deshilarlo e imposibilitaron su debida desfibración manual.

En el **acondicionamiento y lavado de los residuos textiles** se recomienda precaución al momento de inspeccionar y retirar los accesorios de las prendas como botones, broches y correderas para que estas no se conviertan en residuos no aprovechables, teniendo en cuenta que están destinados para ser donados a modisterías locales como parte del flujo de materiales.

En el proceso de **Trituración manual de la fracción textil**, los textiles sintéticos como el poliéster mostraron mayor dificultad, por lo que es pertinente optimizar el proceso de trituración para lograr un desfibrado eficiente de estos en el menor tiempo posible. A su vez, los cepillos metálicos utilizados para este fin, se desgataron con el tiempo y presentaron una

caída de sus cerdas que reducía la eficiencia de la trituración y generó residuos de procesamiento. Para esto se recomienda la utilización de cepillos de mayor calidad con menor separación de las cerdas. También es indispensable usar un cepillo por tipo de fibra para evitar la contaminación de las muestras. Por otra parte, es necesario ajustar el tamaño de los cortes realizados a las prendas, ya que se observó que realizar cortes pequeños producían heridas en las manos e impedían la adecuada desfibración. Por último, es imprescindible que en la trituración se tomen medidas para gestionar la generación de microfibras como: realizarlo en lugares cerrados y utilizar elementos de protección personal para evitar que se dispersen en el ambiente.

En el **cardado de las fibras textiles** es necesario tecnificar el proceso para conseguir una menor generación de grumos (nudos distribuidos aleatoriamente) en las astillas que posteriormente entorpecen la hilatura. En la fase de **hilatura** es recomendable mantener una técnica de hilado constante para evitar que las variaciones de tensión sobre la astilla alteren las características finales de longitud y grosor del hilo. También es necesario manipular con cuidado las muestras de hilo y almacenarlas en soportes de madera para evitar imperfecciones que afecten el **ensayo de tracción**. Para futuras investigaciones se recomienda evaluar otras propiedades físicas de los hilos como la elongación y el tiempo que tarda en fallar cada muestra. Respecto a la segunda etapa de la investigación, se debe considerar en futuras implementaciones ampliar el LCA de los residuos textiles provenientes del procesamiento para limitar al máximo su generación durante los puntos críticos identificados. La gestión debe estar orientada al diseño de rutas de residuos entre nichos económicos (como modisterías, artesanos y zapateros) en el que se garantice el libre flujo de materiales.

Para el establecimiento de la relación costo beneficio del proceso de transformación de los residuos textiles se sugiere explorar alternativas de procesamiento que permitan abaratar los costos de la mano de obra de la trituración. Además, se recomienda una evaluación continua de la viabilidad económica de los productos derivados y la implementación de medidas para optimizar los procesos de fabricación y mantener una ventaja competitiva en el mercado textil. También es importante asesoramiento continuo de artesanos con experiencia en el manejo de fibras textiles para ajustar el costo de mano de obra y la fijación de los precios de mercado de los productos elaborados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiama, D., Carbone, G., Cator, D., Challender, D., Carbone, G., (2016). Riesgos y oportunidades de la biodiversidad en el sector de la confección Autores: Deviah Aiama, Oficial de programas, Programa de negocios globales y biodiversidad Dena Cator, Coordinador de la Red de la Comisión de Supervivencia de Especies (SSC), Programa Global de Especies Dan Challender, Pro.
- ACUERDO No. 003 de 2021. “por medio del cual se adoptan las líneas de investigación de los programas de pregrado de la facultad de ingeniería y tecnológicas sedes Valledupar, y se dictan otras disposiciones”. 08 de julio de 2021. CÓDIGO: 306-110.1-PRO05-FOR07, versión 1.
- Alayón, E. (2021). Guía para la caracterización y cuantificación de residuos sólidos. *I*, 15(29), 76–94. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.15.29.2020.76-94>
- Alcaldía de Valledupar – Cesar. (s.f.). Galería de Mapas. Mapa Geopolítico Municipio de Valledupar. <https://www.valledupar-cesar.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>
- Allwood, Julian & Laursen, Søren & Rodríguez, Cecilia & Bocken, Nancy. (2006). Well Dressed? The Present and Future Sustainability of Clothing and Textiles in the United Kingdom. https://www.researchgate.net/publication/282249347_Well_Dressed_The_Present_and_Future_Sustainability_of_Clothing_and_Textiles_in_the_United_Kingdom
- Arafat, Y., & Uddin, A. J. (2022). Recycled fibers from pre- and post-consumer textile waste as blend constituents in manufacturing 100% cotton yarns in ring spinning: A sustainable and eco-friendly approach. *Heliyon*, 8(11), e11275. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E11275>
- Arvidsson, R., Tillman, A.-M., Sandén, BA, Janssen, M., Nordelöf, A., Kushnir, D. y Molander, S. (2018), Evaluación ambiental de tecnologías emergentes: recomendaciones para LCA prospectivo. *Revista de Ecología Industrial*, 22: 1286-1294. <https://doi.org/10.1111/jiec.12690>

- Awgichew, D. S. Sakthivel, Eshetu Solomon, Addisalem Bayu, Robel Legese, Daniel Asfaw, Meseret Bogale, Alemu Aduna, S. Senthil Kumar. (2021). "Estudio experimental y efecto sobre fibras recicladas mezcladas con hilos de rotor/EO para la producción de telares manuales y sus propiedades", Avances en la ciencia e ingeniería de materiales, vol. 2021, artículo ID 4334632, 9 páginas, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/4334632>
- Balboa, C. Domínguez, M. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. Informador Técnico (Colombia) Volumen 78, No. 1, enero - junio 2014, p82 - 90. https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/71/84
- Barkhausen, R., Rostek, L., Miao, Z. C., & Zeller, V. (2023). Combinations of material flow analysis and life cycle assessment and their applicability to assess circular economy requirements in EU product regulations. A systematic literature review. Journal of Cleaner Production, 407, 137017. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.137017>
- Browning, S, Beymer-Farris, B, Seay, J.R, (2021) Addressing the challenges associated with plastic waste disposal and management in developing countries Curr. Opin. Chem. Eng., 32 (2021), Article 100682.
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2016) Handbook of Material Flow Analysis: for Environmental, Resource, and Waste Engineers (second ed.), CRC Press. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Handbook%20of%20Material%20Flow%20Analysis%3A%20for%20Environmental%2C%20Resource%2C%20and%20Waste%20Engineers&publication_year=2017&author=Paul%20H.%20Brunner&author=Helmut%20Rechberger
- Bureau of International Recycling. (2018). Procesos de Reciclaje. Industria Textil. Obtenido de Bir.org: <http://www.bir.org/industry-es-es/textiles-es-es/>
- Bukhari, M. A., Carrasco-Gallego, R., & Ponce-Cueto, E. (2018). Developing a national programme for textiles and clothing recovery. Waste Management and Research (4), 321–331. <https://doi.org/10.1177/0734242X18759190>
- Campues, C. (2022) Desarrollo de un género textil a partir del tallo de ortiga [Proyecto de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador].

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34517/1/Campues%20Carolina.pdf>

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G., & Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*, 60(1), 186–203.

<https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2005.11.027>

Chen, J., Dai, L., Mataya, D., Cobb, K., Chen, P., & Ruan, R. (2022). Enhanced sustainable integration of CO₂ utilization and wastewater treatment using microalgae in circular economy concept. *Bioresource Technology*, 366, 128188.

<https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2022.128188>

Christensen, T. B. (2021). Towards a circular economy in cities: Exploring local modes of governance in the transition towards a circular economy in construction and textile recycling. *Journal of Cleaner Production*, 305, 127058.

<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.127058>

Cobbing, M. Vicaire, Y. (2019). Timeout for fast fashion [Archivo PDF]. <https://storage.googleapis.com/planet4-international-stateless/2018/01/6c356f9a-fact-sheet-timeout-for-fast-fashion.pdf>

Consejo Nacional De Política Económica Y Social [CONPES] 3874. Política Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos. 21 de noviembre de 2016.

Cucurachi, S., van der Giesen, C., & Guinée, J. (2018). Ex-ante LCA of Emerging Technologies. *Procedia CIRP*, 69, 463–468.

<https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2017.11.005>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). Geoportal. Análisis Geoespacial del CNPV 2018.

<https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/territorio/analisis-cnpv-2018/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (s.f.). Hoja Metodológica De Indicadores Cuenta Satélite Ambiental. Residuos Sólidos Generados Per Cápita.

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/i

[ndicadores/cuenta-ambiental-y-economica-de-flujo-de-materiales/residuos-solidos-percapita/hm-residuos-solidos-percapita.pdf](#)

DNP. (2017). Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde. Tecnalia, Banco Mundial, Departamento Nacional de Planeación. https://2022.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Circular/MATEC%20Producto%202_v5.pdf

Durham, E., Hewitt, A., Bell, R., & Russell, S. (2015). Technical design for recycling of clothing. *Sustainable Apparel: Production, Processing and Recycling*, 187–198. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-339-3.00007-8>

EMF, (2014). Ellen MacArthur Foundation. *Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*.

Enger y Smith (2006). *Ciencia Ambiental: Un Estudio de Interrelaciones*. México. Editorial: McGraw-Hill. Edición: 10 ISBN: 9789701056165.

Erdiaw-Kwasie, M. O., Abunyewah, M., Yusif, S., & Erdiaw-Kwasie, A. (2023). Does circular economy knowledge matter in sustainable service provision? A moderation analysis. *Journal of Cleaner Production*, 383, 135429. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.135429>

Función Pública – Gobierno de Colombia. (s.f.). Gestor Normativo. <https://www.funcionpublica.gov.co/web/eva/gestor-normativo>

Gabriel, M. (2021). *HANDLOOMS: Unleashing Cultural Potentials*. In: Gardetti, M.Á., Muthu, S.S. (eds) *Handloom Sustainability and Culture. Sustainable Textiles: Production, Processing, Manufacturing & Chemistry*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5967-6_3

García, M. (2018) *Sistema De Reciclaje De Textiles Post-Consumo Para El Desarrollo De Productos De Economía Circular En La Ciudad De Bogotá, D.C.* [Tesis de Especialización, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13550/Garc%EDaAcostaM%F3nic?sequence=1>

- Geng y Doberstein, (2008). Desarrollo de la economía circular en China: desafíos y oportunidades para lograr un "desarrollo a gran escala" En t. J. Sustain. Dev. Word Ecol., 15 (2008), págs.231 – 239.
- Gobernación del Departamento del Cesar. (s.f.). Composición Demográfica. <https://cesar.gov.co/d/index.php/es/nosotros/mainmeneldpto/mendepmap>
- Google. (s.f.). [Comunas 3 Y 4- Municipio De Valledupar]. Recuperado el 1 de mayo de 2023 de <https://earth.google.com/web/@0,0,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r>
- Guerrero Garzón, P. P., Hernández Losada, D. F., & Díaz Monroy, L. G. (2012). Metodología para la fijación de precios mediante la utilización de la elasticidad precio-demanda. Caso tipo: repuestos del sector automotor. Apuntes del Cenes, 31(54), 9-36.
- Gupta, SK, Goswami, KK. (2018). Costo-beneficio y rendimiento de alfombras hechas a mano producidas con lana, hilos de pelo de yute sin tratar y tratados con productos químicos. J. Inst. Ing. India Ser. E 99, 75–81 (2018). <https://doi.org/10.1007/s40034-018-0114-7>
- Hernández, S., Fernández, C., Baptista, L., (2014). Metodología de la Investigación. 6ta edición. Editorial Mc Graw Hill. México D.F.
- Hernández, S., Fernández, C., Baptista, L., (2010). Metodología de la Investigación. 2da edición. Editorial Mc Graw Hill. México D.F.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. (s.f.). Mapas Nacionales. Mapa Geopolítico de Colombia. <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/mapas-nacionales>
- James, SC. (1977). Metals in municipal landfill leachate and their health effects. American Journal of Public Health 67, 429_432, <https://doi.org/10.2105/AJPH.67.5.429>
- Jamshaid, H., Hussain, U., Mishra, R., Tichy, M., & Muller, M. (2021). Turning textile waste into valuable yarn. Cleaner Engineering and Technology, 5, 100341. <https://doi.org/10.1016/J.CLET.2021.100341>
- Keßler, L., Matlin, S. A., & Kümmerer, K. (2021). The contribution of material circularity to sustainability—Recycling and reuse of textiles. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 32, 100535. <https://doi.org/10.1016/J.COGSC.2021.100535>

- Leal Filho, W., Ellams, D., Han, S., Tyler, D., Boiten, V. J., Paco, A., Moora, H., & Balogun, A. L. (2019). A review of the socio-economic advantages of textile recycling. *Journal of Cleaner Production*, 218, 10–20. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.01.210>
- Legiscomex. (2012). *Inteligencia de Mercados-Textiles y confecciones en Colombia*. Bogotá. <https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/documento-completo-estudio-de-mercado-sector-textil-confecciones-colombia-2012-actualizado-legisocmex.pdf>
- Millward-Hopkins, J., Purnell, P., & Baurley, S. (2023). A material flow analysis of the UK clothing economy. *Journal of Cleaner Production*, 407, 137158. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.137158>
- Millward-Hopkins, J., Busch, J., Purnell, P., Zwirner, O., Velis, C. A., Brown, A., Hahladakis, J., & Iacovidou, E. (2018). Fully integrated modelling for sustainability assessment of resource recovery from waste. *Science of The Total Environment*, 612, 613–624. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.08.211>
- Nencková, L., Pecáková, I., & Šauer, P. (2020). Disposal behaviour of Czech consumers towards textile products. *Waste Management*, 106, 71–76. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2020.03.001>
- Nieto Galindo, V. M., & López, J. E. (2017). *Archivo de economía: Cadena de Textil Confecciones: Estructura, Comercio Internacional y Protección*. Bogotá: Dirección de Estudios Económicos, Departamento Nacional de Planeación. Obtenido de Archivos de economía, Dirección de Estudios Económicos. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/460.pdf>
- Norma ISO 14040:2006, 2006, Norma ISO 14040:2006, Gestión ambiental - evaluación del ciclo de vida - principios y marco: <https://www.iso.org/standard/37456.html>
- Nørup, N., Pihl, K., Damgaard, A., & Scheutz, C. (2018). Development and testing of a sorting and quality assessment method for textile waste. *Waste Management*, 79, 8–21. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2018.07.008>
- Opperskalski, S. Siew, S. Tan, E. Truscott, L. (2019). *Preferred Fiber & Materials Market Report* [Archivo PDF]. <https://store.textileexchange.org/wp->

[content/uploads/woocommerce_uploads/2019/11/Textile-Exchange_Preferred-Fiber-Material-Market-Report_2019.pdf](#)

Organización Panamericana de la Salud en Colombia (2011). Hacia una Vivienda Saludable, Cartilla educativa para la familia. Ficha catalográfica OPS en Colombia, Editorial Fundación Halü Bienestar Humano.

https://www3.paho.org/col/dmdocuments/Hacia_vivienda_saludable_familias.pdf

Payne, A. (2015). Open- and closed-loop recycling of textile and apparel products. Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing, 103–123.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100169-1.00006-X>

PGIRS Actualizado Valledupar. 27 diciembre de 2021. “Revisión Y Ajuste Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos Pgirs 2021 – 2028”. Actualización, versión 1.

Rosales, N. (2020) Hilos reciclados: reutilizando los residuos textiles,

<https://ecosistemasrosales.home.blog/2020/08/20/hilos-reciclados-reutilizando-los-residuos-textiles/>

Salem, Z. K. Hamouri, R. Djemaa, K. Allia (2008). Evaluación de la contaminación y el tratamiento de los lixiviados de vertederos Desalinización, 220 (1-3).

Schmutz, M., & Som, C. (2022). Identifying the potential for circularity of industrial textile waste generated within Swiss companies. Resources, Conservation and Recycling, 182, 106132.

<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2021.106132>

Schreck .M, Wagner. J, (2017) Incentivizing secondary raw material markets for sustainable waste management, Waste Manage. (Oxford), 67 (2017), pp. 354- 359.

Shirvanimoghaddam, K., Motamed, B., Ramakrishna, S., & Naebe, M. (2020). Death by waste: Fashion and textile circular economy case. Science of The Total Environment, 718, 137317.

<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.137317>

Souza, (2013). GC Souza “Cadenas de suministro de circuito cerrado: una revisión crítica e investigación futura” Decis. Sci., 44 (2013), pp. 7 – 38

Subramanian, K., Chopra, S. S., Cakin, E., Li, X., & Lin, C. S. K. (2020). Environmental life cycle assessment of textile bio-recycling – valorizing cotton-polyester textile waste to pet fiber and glucose syrup. Resources, Conservation and Recycling, 161, 104989.

<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.104989>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios –SSPD (2017). Informe nacional de aprovechamiento 2016. pp. 6-40. Bogotá. Editorial SSPD, https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/3_informe_nacional_de_aprovechamiento_2017%20%281%29.pdf

Superintendencia de Sociedades. (2017). Desempeño del Sector Textil-Confección. Bogotá: Superintendencia de Sociedades, Delegatura de Asuntos Económicos y Contables, Grupo de Estudios Económicos y Financieros.

SurveyMonkey. (s.f.). Cómo conseguir una muestra representativa. <https://es.surveymonkey.com/market-research/resources/how-to-get-a-representative-sample/>

Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME. (s.f.). Guía Ambiental. Normatividad Sobre Residuos Sólidos. http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM2_9_Normatividad_sobre_residuos_s%C3%B3lido

Wender B. A, Foley R W, Lopez V. P, Ravikumar, D., Eisenberg, D. A., Hottle, T. A., et al. (2014). Ilustración de la evaluación anticipada del ciclo de vida de las tecnologías fotovoltaicas emergentes Environmental Science and Technology, 48 (18), págs. 10531 - 10538, <https://doi.org/10.1021/es5016923>

Zafra, C. (2009). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: sistemas de caja fija (SCF). Revista Ingeniería E Investigación. 29(2), 119-126. <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v29n2/v29n2a19.pdf>

ANEXOS

Mapa de los puntos de recolección por comunas



Tomado de Google Map. Autores 2024, <https://www.google.com/maps/@10.4540504,-73.2546763,17z/data=!3m1!4b1!4m3!11m2!2sDR7aCv8hTJ-2RHE2n5L1Kw!3e3?entry=ttu>

Recoleccion De Los Residuos Textiles



Pesaje Y Almacenamiento De Los Residuos Textiles Recolectados





Acondicionamiento Y Lavado De Los Residuos Textiles



Triturado Manual De La Fracción Textil

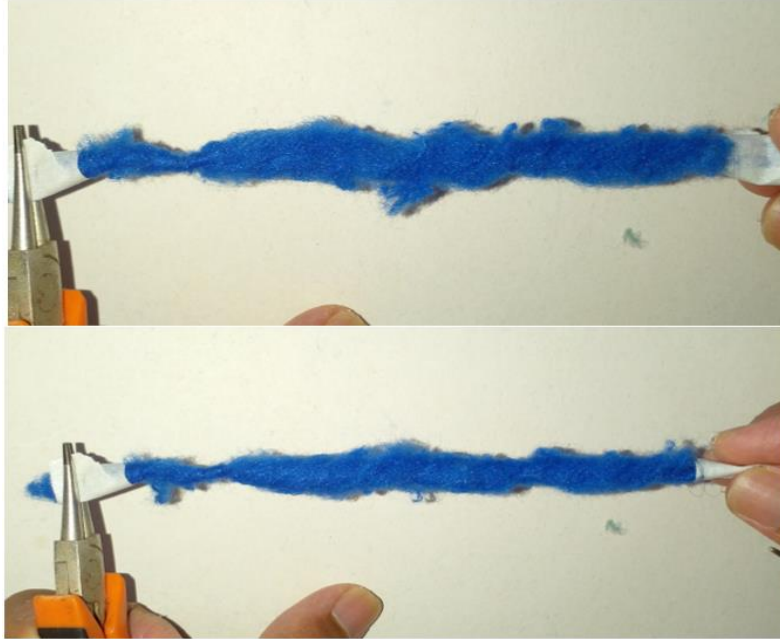


Cardado De Las Fibras Textiles

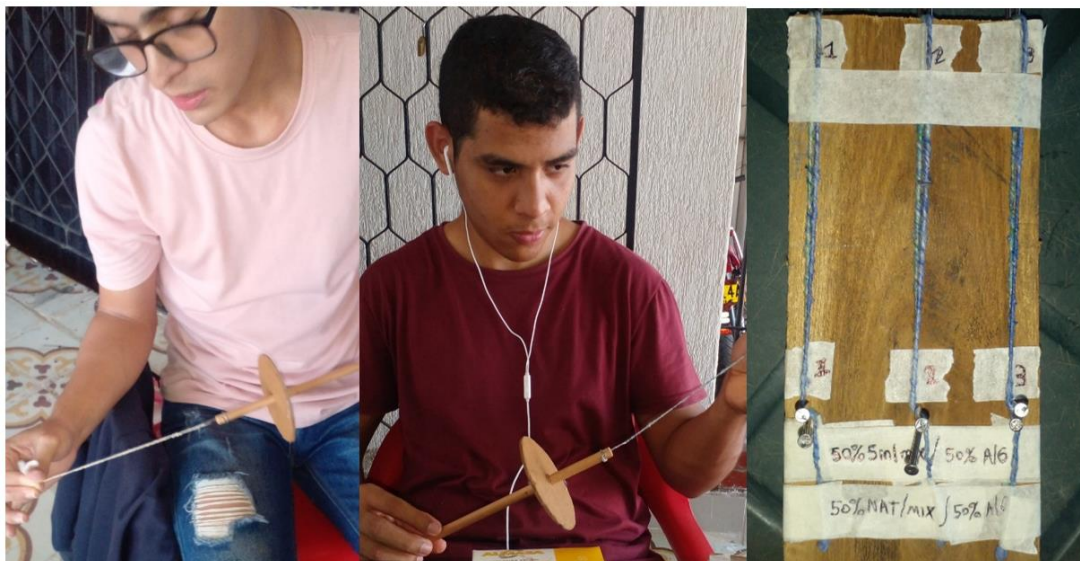




Prueba De Torsión

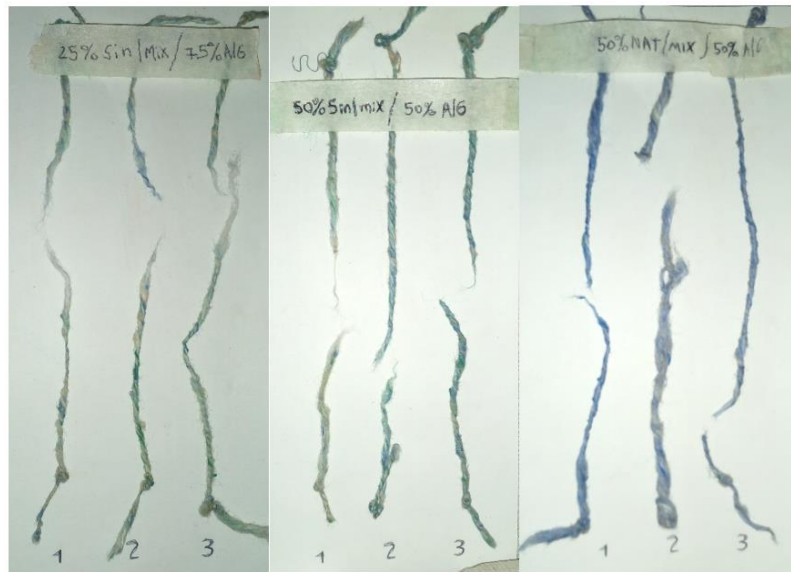


Hilatura



Ensayo De Tracción





Tejido de las Muestras De Telas Uniformes

