	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS		Código	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): LILIANA ESPERANZA APELLIDOS: LANDINEZ SAFRA

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

FACULTAD: CIENCIAS EMPRESARIALES

PLAN DE ESTUDIOS: MAESTRÍA EN GERENCIA DE EMPRESAS

DIRECTOR:

NOMBRE(S): MARTHA SOFÍA APELLIDOS: ORJUELA ABRIL

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): EDUARDO LUÍS APELLIDOS: JÁCOME CASTILLA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): RUTA ESTRATÉGICA BASADA EN LOS PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA GESTIÓN DE RESIDUOS TEXTILES DE POLIÉSTER, EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA CIUDAD DE CÚCUTA

RESUMEN

Este proyecto analiza el manejo de los residuos textiles de polyester en la industria textil de la ciudad de Cúcuta. Para ello, se realizó una investigación cuantitativa y la información se obtuvo mediante una revisión documental y una encuesta utilizando como instrumento el cuestionario y escalamiento de Likert. Se empleó una muestra de 235 elementos con un nivel de confianza del 90%. Finalmente, se evidenciaron estrategias óptimas para la industria textil y se demostró que a mayor adaptación hacia sistemas de economía circular, mayor es la incidencia en la eficiencia de las empresas.

PALABRAS CLAVE: Economía circular, Industria textil, Residuos sólidos, Textiles de poliéster.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 106 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM: 1

Copia No Controlada

RUTA ESTRATÉGICA BASADA EN LOS PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA
GESTIÓN DE RESIDUOS TEXTILES DE POLIÉSTER, EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA
CIUDAD DE CÚCUTA

LILIANA ESPERANZA LANDINEZ SAFRA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES
PLAN DE ESTUDIOS DE MAESTRÍA EN GERENCIA DE EMPRESAS
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

RUTA ESTRATÉGICA BASADA EN LOS PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA
GESTIÓN DE RESIDUOS TEXTILES DE POLIÉSTER, EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA
CIUDAD DE CÚCUTA

LILIANA ESPERANZA LANDINEZ SAFRA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magíster en Gerencia de Empresas

Directora:

MARTHA SOFÍA ORJUELA ABRIL

Co-director:

EDUARDO LUIS JÁCOME CASTILLA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

PLAN DE ESTUDIOS DE MAESTRÍA EN GERENCIA DE EMPRESAS

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

San José de Cúcuta, 31 de marzo de 2022

LUGAR: Edificio de Posgrados UFPS – Salón 203.

PLAN DE ESTUDIOS: MAESTRIA EN GERENCIA DE EMPRESAS.

TITULO DEL PROYECTO: "RUTA ESTRATÉGICA BASADA EN LOS PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA GESTIÓN DE RESIDUOS TEXTILES DE POLIESTER, EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA CIUDAD DE CUCUTA".

MODALIDAD: TRABAJO DE GRADO

JURADOS:

JORGE MAURICIO MEJIA VASQUEZ

ENTIDAD: U.F.P.S..


WILLIAM MORALES CELY


ENTIDAD: U.F.P.S..

DIRECTOR: MARTHA SOFIA ORJUELA ABRIL

COORDIRECTOR: EDUARDO LUIS JACOME CASTILLA

NOMBRE ESTUDIANTE	CÓDIGO	CALIFICACION		
		NÚMERO	LETRAS	
LILIANA ESPERANZA LANDINEZ SAFRA CC. 27602443	2260088	42	CUATRO PUNTO DOS	APROBADA


WILLIAM MORALES CELY
Jurado


JORGE MAURICIO MEJIA VASQUEZ
Jurado


MARTHA SOFIA ORJUELA ABRIL
Directora

Vó. Bo.


MAGDA ZARELA SEPULVEDA A.
Directora
Maestría en Gerencia de Empresas

Contenido

	pág.
Introducción	12
1. Problema	14
1.1 Título	14
1.2 Planteamiento del Problema	14
1.3 Formulación del Problema	18
1.3.1 Sistematización del problema	19
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo general	19
1.4.2 Objetivos específicos	19
1.5 Justificación	20
1.6 Alcances y Limitaciones	21
2. Marco Referencial	23
2.1 Antecedentes	23
2.2 Marco Teórico	27
2.2.1 Teoría de economía del rendimiento	29
2.2.1.1 Modelo de la cuna a la cuna	30
2.2.1.2 Vida del producto	32
2.2.1.3 Modelos de negocio	34
2.2.1.4 Ecología industrial	37
2.3 Marco Conceptual	38
2.3.1 Economía circular	38
2.3.1.1 Objetivos	39

2.3.2 Desarrollo sostenible	40
2.3.2.1 Principios	40
2.3.2.2 Pilares	41
2.3.3 Residuos sólidos	42
2.3.3.1 Clasificación	42
2.3.3.2 Retal de la tela de poliéster	43
2.4 Marco Espacial	43
2.5 Marco Temporal	44
2.6 Sistematización de Variables	45
3. Diseño Metodológico	46
3.1 Tipo de Estudio	46
3.2 Enfoque	46
3.3 Población	47
3.4 Muestra	48
3.5 Técnicas de Recolección de Información	49
3.6 Herramientas para el Tratamiento de la Información	49
4. Análisis y Resultados	50
4.1 Gestión de Residuos Textiles y Economía Circular: Desde una Revisión Teórico/Bibliográfica	50
4.1.1 Vías de reciclaje textil	54
4.2 Caracterización de las Empresas de la Industria Textil de la Ciudad de Cúcuta, en el Manejo de Residuos Textiles de Poliéster Mediante la Aplicación de la Matriz MED, para la Gestión Eficiente de la Producción	58
4.2.1 Análisis sectorial	58

4.2.2 Evidencia del instrumento: caracterización de la industria textil	61
4.2.2.1 El reciclaje en la industria textil	62
4.2.2.2 Análisis de fiabilidad	66
4.2.2.3 Estadísticos descriptivos de los elementos	68
4.2.2.4 Correlación de los ítems	69
4.2.2.5 Correlación de sub-variables	72
4.2.3 Matriz MED	73
4.3 Rutas Estratégicas, Basadas en Economía circular, para la Gestión Eficiente de los Residuos Textiles de Poliéster	76
4.3.1 Tecnología verde sostenible para la recuperación de fibras de algodón y poliéster a partir de residuos textiles	76
4.3.1.1 Procedimiento de separación de residuos de jeans	77
4.3.1.2 Lixiviación de tintes textiles	77
4.3.1.3 Regeneración de ácidos	78
4.3.1.4 Extracción de poliéster y regeneración de disolventes/ácidos	79
4.3.2 Reciclaje de textiles: Hacer que las fibras vuelvan al bucle circular	81
4.3.2.1 La clasificación como uno de los desafíos clave	82
5. Conclusiones	86
Referencias Bibliográficas	88
Anexos	103

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Diagrama del sistema de economía circular	28
Figura 2. Los bucles básicos de una economía circular	31
Figura 3. Ciclo de reciclaje sencillo	33
Figura 4. Los modelos de negocio en la economía del rendimiento	35
Figura 5. Principales objetivos de la economía circular	39
Figura 6. Pilares del desarrollo sostenible	41
Figura 7. Mapa de San José de Cúcuta	44
Figura 8. Ilustración de un sistema de recuperación	56
Figura 9. Ejemplo de un sistema de recuperación biológica	57
Figura 10. Serie de producción y venta textil 2020	59
Figura 11. Exportaciones textiles	60
Figura 12. Importaciones textiles	60
Figura 13. Histograma 1	62
Figura 14. Cantidad de textiles usados por semana	63
Figura 15. Histograma 2	64
Figura 16. Conocimiento del costo de los desperdicios	64
Figura 17. Histograma 3	65
Figura 18. Histograma 4	66
Figura 19. Modelo de Pearson	73
Figura 20. Diagrama de flujo, separación de los residuos de jeans	80
Figura 21. Etiquetas de identificación por radiofrecuencia	83

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Sistematización de variables	45
Tabla 2. Cálculo de la muestra	48
Tabla 3. Criterios para analizar las prácticas de gestión de residuos textiles pos-consumo	53
Tabla 4. Resumen del procesamiento de los datos	67
Tabla 5. Estadísticos de fiabilidad	67
Tabla 6. Estadísticos total/elemento	68
Tabla 7. Especificaciones de bootstrap	68
Tabla 8. Estadísticos descriptivos	69
Tabla 9. Lista de ítems	70
Tabla 10. Correlación de los ítems	71
Tabla 11. Correlación	72
Tabla 12. Matriz MED	74

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Enlace para la encuesta aplicada, titulada “Encuesta a empresas del sector textil”	104

Resumen

Este proyecto analiza el manejo de los residuos textiles de polyester en la industria textil de la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander. Para ello, se realizó una investigación cuantitativa, documental, no experimental de tipo transversal y correlacional, ya que se observa las variables en el entorno presente para después estudiarlas. La información se obtuvo mediante una revisión documental y una encuesta utilizando como instrumento el cuestionario y escalamiento de Likert, óptimos para medir la reacción del individuo a través de un conglomerado de indicadores. Se empleó una muestra para universos inferiores a cien mil elementos denominada “Distribución Normal”, por ende, se estableció una muestra de 235 elementos, con un nivel de confianza del 90%. Finalmente, se evidenciaron estrategias óptimas para la industria textil y se demostró que a mayor adaptación hacia sistemas de economía circular mayor es la incidencia en la eficiencia de las empresas.

Introducción

El concepto de economía circular (EC) se ha vuelto muy popular desde que fue presentado por los responsables políticos de China y la Unión Europea como una solución que permitirá a los países, empresas y consumidores reducir el daño al medio ambiente y cerrar el ciclo de vida del producto (Foundation Ellen MacArthur, 2013). Esto contrasta con la intensa actividad económica lineal arraigada que está agotando los recursos del planeta. El modelo lineal comenzó durante la revolución industrial en el siglo XVII con las innovaciones científicas y tecnológicas explotadoras que ignoraban los límites del medio ambiente y el daño a largo plazo que estaban causando a la sociedad.

Un cambio a una Economía Circular requiere eco-innovaciones para cerrar el ciclo de vida de los productos, obtener productos valiosos para otros a partir de los desechos y resolver las necesidades de resiliencia ambiental a pesar de la tendencia hacia el crecimiento (Guo, Eriksson, De la Motte & Adolfsson, 2021). Por lo tanto, la Economía Circular es la manifestación de un cambio de paradigma, y requerirá cambios en la forma en que la sociedad legisla, produce y consume innovaciones, al mismo tiempo que utiliza la naturaleza como inspiración para responder a las necesidades sociales y ambientales (Bayus, 1994).

Por otro lado, la producción textil es la segunda industria más contaminante del mundo, después de la industria petrolera, que genera aproximadamente 1200 millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero (más que los vuelos internacionales y el transporte marítimo combinados) (Foundation Ellen MacArthur, 2013). Para 2050 se prevé que la industria utilizará hasta el 25% del presupuesto mundial de carbono. Existe una necesidad urgente de abordar los efectos adversos de la industria textil para la sostenibilidad a través de enfoques de

economía circular (Guo et al., 2021).

En esta perspectiva, destacamos algunos de los enfoques que la industria textil y de la confección puede adoptar para superar los desafíos que enfrenta, para su supervivencia en la nueva, estricta y próxima economía circular verde que requiere el máximo uso de recursos con poco o ningún desperdicio. , con cero emisiones, pero aún capaz de generar ganancias sin dañar el medio ambiente. Primero, revelamos brevemente el material teórico/bibliográfico referente al principio de economía circular y su aplicación con residuos textiles de poliéster. Luego, caracterizamos las empresas de la industria textil de la ciudad de Cúcuta, en el manejo de residuos textiles de poliéster mediante la aplicación de la matriz MED, para la gestión eficiente de la producción. Después, diseñamos las rutas estratégicas, basadas en economía circular, para la gestión eficiente de los residuos textiles de poliéster de las empresas de la industria textil. Finalmente, se estructuran las conclusiones de la investigación, dado el trabajo realizado.

1. Problema

1.1 Título

RUTA ESTRATÉGICA BASADA EN LOS PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA GESTIÓN DE RESIDUOS TEXTILES DE POLIÉSTER, EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA CIUDAD DE CÚCUTA.

1.2 Planteamiento del Problema

“Plantear el problema no es sino afinar y estructurar más formalmente la idea de investigación” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p.36).

La industria textil mantiene una importante trascendencia para todos los países en términos macroeconómicos, como: comercio, empleo, inversión e ingresos. Para el año 2015, la proporción de la industria textil a nivel mundial redondeó los 1.685 millones de dólares (De Oliveira, Ferreria, Silva, De Oliveira, & Lucato, 2019). Conjuntamente, los procesos que conforman la cadena de valor se identifican por ser fragmentados y con una tecnología comparativamente baja, que poseen significativas incidencias medioambientales, como la utilización de inconmensurables proporciones de agua y productos químicos, grandes emisiones de gases de efecto invernadero y el desarrollo de residuos (Lin & Bai, 2020).

Algunos datos a nivel global bastante relevantes del sector, permite determinar cifras poco alentadoras en términos de producción de residuos y contaminación; siendo cifras anuales de: 1200 millones de toneladas producidas por los gases de efecto invernadero; 93 mil millones de metros cúbicos de agua; 8 millones de toneladas en fertilizantes para el algodón; 200.000 toneladas en plaguicidas para el algodón; 42 millones de toneladas en productos químicos y 1

millón de toneladas en colorantes. A modo de comparación, las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción de algodón se estiman en 4,7 kg de CO₂e/kg de fibra; para la producción de fibras plásticas se estiman en 11,9 kg CO₂e/kg de fibra; para la producción de hilos y tejidos, incluido el teñido, se calculan en 9,6 kg de CO₂e/kg de fibra. En cuanto a las necesidades de manejo de agua: los datos para producir algodón se calculan en 4.600 L/kg de fibra; para la producción de fibra con base de plástico se calcula en 38 L/kg de fibra; y para el teñido de materiales textiles es de 88 L/kg de fibra (Nimkar, 2018).

Los desperdicios, específicamente los residuos sólidos, generados por la industria textil en los Estados Unidos constituyeron alrededor del 6% mundial, en otras palabras, representa 16,22 millones de toneladas de desperdicios, siendo solo el 16,2% reciclado y el 64,5% depositado en relleno sanitarios (Desore & Narula, 2018). Conjuntamente, China como “la fábrica del mundo” contempla más del 25% de la industria textil a nivel mundial, lo que personifica la emisión de 1.715 millones de toneladas de dióxido de carbono, adicional a eso, sus residuos sólidos representan alrededor del 20% (49 millones de toneladas) global (Lin, Chen & Zhang, 2018). Simultáneamente, se estima en la Unión Europea que los desechos del sector constituyen anualmente unos 16 millones de toneladas; sin embargo, más del 50% de esa proporción total es incinerada (Gadde & Jonsson, 2019). Por otro lado, en Corea del Sur, entre los años 2008 a 2010 la producción de desperdicios se incrementó en un 17%, siendo estas 54 mil toneladas y llegando a 64 mil toneladas en el año 2010 (Jeon & Phelps, 2018).

En el panorama nacional es posible determinar que la industria textil en Colombia, es considerada como un sector supremamente destacable, pero, no se caracteriza por ser mayormente industrializada, ya que simboliza el 8% de la producción interna bruta y sostiene cerca de un 26% del empleo nacional (Ricaurte, 2020), si bien es cierto, que el sector ha

prolongado un decrecimiento debido al aumento de las importaciones y el contrabando, las ventas virtuales han incidido positivamente en su crecimiento (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, 2021). No obstante, la cantidad promedio de residuos sólidos de la industria que son reciclados es mínimamente un 6%, teniendo en cuenta que más del 94% de estos residuos posiblemente culminan calcinados, en zonas acuíferas, vertientes o en el relleno sanitario local (Carrera, 2017). Es importante mencionar, la trascendencia que representan las importaciones de textiles en el país, siendo China el mayor exportador (45%), seguido por India (12%) y Estados Unidos (10%) (Chen, Memon, Wang, Marriam & Tebyetekerwa, 2021), evidentemente son estas las naciones que ostentan la mayor generación de residuos sólidos de la industria textil.

“Colombia solo recicla 17% de los 12 millones de toneladas de residuos sólidos al año” (Neira, 2020, p.1).

Contrariamente a esta circunstancia, en el país es posible encontrar empresas que nacen en la cadena de valor del sector que, por fortuna, contribuyen a la sostenibilidad, por lo tanto, cabe prevalecer ciertas empresas como: Fokus Green (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, 2021), Paréntesis (Martínez, 2019) y Folk (Coneo, 2020), que en su mayoría confeccionan ropa de algodón reciclado y basura plástica, y tienen como meta fundamental prolongar la durabilidad del producto.

En el plano local, en la ciudad de Cúcuta, se ha determinado que la capital nortesantandereana carece de informes que comprendan la múltiple información de la industria textil, además de las numerosas oscilaciones que se han mantenido desde inicios del presente siglo (Pinillos, Jaimes & Ortiz, 2019), no obstante, es posible identificar la cantidad de empresas (6388) que se encuentran registradas ante la Cámara de Comercio de Cúcuta que forman la

industria textil, de las cuales el 95% son microempresas familiares, representando un total de 45.000 empleos directos e indirectos (Cámara Colombiana de la Confección y Afines, 2020). Según la Cámara de Comercio de Cúcuta (2019), en el sector de la moda “las cifras reales decrecieron, según la dinámica observada durante el año, sin querer decir que no existan mejoras en cuanto al 2019” (p.1), de las cuales doce se especializan en tejeduría de productos textiles en las cuales se movieron unos 488mil USD en exportaciones únicamente de tejidos en las cuales se engloba un 70% de la producción es para la confección y a su vez para la exportación. Esto resalta que la industria textil produce anualmente millones de metros cuadrados de tejidos de algodón, poliéster, lana, así como también tejidos de satín y mezclas de poliéster entre otros, las cuales producen una carga tóxica requiere ser minimizada para evitar su impacto negativo en la salud de la comunidad y el ambiente.

Esto se debe a que el ciclo de vida de los residuos de poliéster, por ser un producto derivado del petróleo presenta un mal desempeño en el ambiente debido a que es desechado, su degradación es prolongada aproximadamente más de cien años; a diferencia de otras materias primas como el algodón que dura entre uno a tres años en descomponerse, por ser de origen vegetal (Mercado, Fontalvo & De la Hoz, 2011).

Dicho esto, la industria genera una gran contaminación del suelo por residuo de polyester (fibras textiles, retazos), causando desbalance de nutrientes, pérdida de fertilidad y acumulación de sustancias en concentraciones tóxicas, producto del vertimiento de estos residuos en aguas residuales; asimismo, las principales actividades económicas generadoras de residuo de poliéster en la industria textil son: 1399 (Fabricación de otros artículos textiles) y 1312 (tejeduría de productos textiles) (Cárdenas, 2019).

Asimismo, en aras del marco mundial consolidado hacia el acatamiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dispuestos por el informe de las Organización de las Naciones Unidas específicamente los objetivos 12 y 15 (Organización de las Naciones Unidas, 2020a) (Producción y consumo responsables; y Vida de ecosistemas terrestres, respectivamente), el proyecto contribuye a una toma de decisiones eficiente y consecuente con el actuar empresarial, en función de mejorar su competitividad particular y el desarrollo sostenible regional.

Por ende, se hace trascendental mencionar que, la industria textil y en particular el residuo de polyester, a nivel nacional y local, tiene unos impactos ambientales, ya que estos residuos se generan de su desgaste, convirtiéndose en particular sumamente diminutas que hacen parte de los contaminantes denominados como micro plásticos. Su creciente presencia en el entorno se debe a la maximización de la empleabilidad de tejidos sintetizados y a que éstos no se descomponen tan fácil.

Dadas estas circunstancias contemporáneas, la economía circular nace como un modelo fundamentado en el reciclamiento, reaprovechamiento y minimización de recursos naturales, sin embargo, no deja de ser un prototipo cuyo propósito es crear bonanza económica, resguardar el medio ambiente y oprimir la contaminación, proporcionando así el desarrollo sostenible (Foundation Ellen MacArthur, 2013).

1.3 Formulación del Problema

¿Cuáles son las estrategias de economía circular que sirven para la gestión eficiente de los residuos textiles de poliéster producidos por las empresas de la industria textil en la ciudad de Cúcuta?

1.3.1 Sistematización del problema. A continuación se formulan las preguntas de la sistematización del problema:

- ¿Cuáles son las causas y efectos de la economía circular?
- ¿Las empresas que componen la industria textil han divulgado proyecciones precisas alineadas a la implementación de modelos basados en economía circular, para el reaprovechamiento de sus residuos textiles de poliéster?
- ¿Poseen las empresas de la industria textil la cabida de comprobar el manejo y la incidencia socio/medio ambiental de sus residuos textiles de poliéster?
- ¿La economía circular tendrá efectos positivos en las empresas de la industria textil?

1.4 Objetivos

“Los objetivos señalan a lo que se aspira en la investigación y deben expresarse con claridad, pues son las guías del estudio” (Hernández et al., 2014, p.37).

1.4.1 Objetivo general. Determinar el tratamiento de los residuos textiles de poliéster de la industria textil en la ciudad de Cúcuta, para diseñar las rutas estratégicas basadas en economía circular.

1.4.2 Objetivos específicos. Los objetivos específicos se plantean a continuación:

Examinar el material teórico/bibliográfico referente al principio de economía circular y su aplicación con residuos textiles de polyester.

Caracterizar las empresas de la industria textil de la ciudad de Cúcuta, en el manejo de residuos textiles de poliéster mediante la aplicación de la matriz MED, para la gestión eficiente

de la producción.

Diseñar las rutas estratégicas, basadas en economía circular, para la gestión eficiente de los residuos textiles de poliéster de las empresas de la industria textil.

1.5 Justificación

“Indica el porqué de la investigación exponiendo sus razones. Por medio de la justificación debemos demostrar que el estudio es necesario e importante” (Hernández et al., 2014, p.40).

Las trascendencias de la investigación contemplan la función y aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2020b), numerales 12 y 15 (Producción y consumo responsables; y Vida de ecosistemas terrestres, respectivamente).

Una economía circular se permite especificar como un prototipo económico encaminado al manejo eficiente de los recursos a través de la minimización de los residuos textiles de poliéster, la conservación del valor a largo plazo, la disminución de los recursos primarios y el de productos, partes de productos y materiales dentro de los límites de la protección del medio ambiente y los beneficios socioeconómicos. Para la industria textil de la Unión Europea la economía circular representa un ahorro de € 630 millones anuales y concibe 400 mil empleos (Revertia, 2021); en el caso colombiano la economía circular representó la creación de 155.419 empleos y la participación del 2.04% del gasto total del gobierno, 0.36 puntos porcentuales en relación con el año anterior (DANE, 2020). Asimismo tiene el potencial de conducir al desarrollo sostenible, a la vez que desvincula el crecimiento económico de los resultados negativos de la debilidad de los recursos y la degradación del ambiente (Ghisellini, Cialani & Ulgiati, 2016).

Desde lo social, la investigación se hace trascendental para identificar la situación actual del manejo de residuos textiles de poliéster de algunas empresas de la industria textil de la ciudad de Cúcuta, por ende, su identificación permite tomar decisiones positivas en función del bienestar social.

Desde lo teórico, este estudio permite detallar el panorama de los residuos sólidos de las empresas de la industria textil y estudiar los efectos que ha traído consigo la no reutilización de los mismos. Se ha escrito mucho de economía circular y se requiere un análisis de cómo la economía circular incide en el reaprovechamiento y reciclaje.

Las derivaciones obtenidas del estudio serán objeto de referentes teóricos futuros para así poderse aplicar no solo en cualquier empresa de la industria textil, sino, extenderse a su cadena de valor, así como diferentes sectores que impliquen el procesamiento de materia prima, permitiendo a las empresas plantear estrategias e incluso nuevos modelos de negocio al aceptar y adaptar ecoinnovaciones a sus emprendimientos y además dar un conocimiento actual del tema.

1.6 Alcances y Limitaciones

Sabino (1996), en su libro “El proceso de la investigación científica” posibilita minimizar el problema preliminar a longitudes cómodas, siendo efectivo realizar las investigaciones adecuadas con la delimitación de la investigación.

Con el estudio se busca analizar el tratamiento de residuos textiles de poliéster de algunas empresas de la industria textil en la ciudad de Cúcuta, para posteriormente, presentar estrategias que se adecuen a la muestra seleccionada, evidentemente las estrategias están fundamentadas en modelos de economía circular. Para lo cual el estudio se limita a investigaciones previas, estudios

gubernamentales, informes de orden público y privado; adicional se extralimita a la participación de algunas empresas ligadas a la industria textil.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

A continuación, se realiza un análisis de investigaciones previas locales, nacionales e internacionales.

Ghisellini et al. (2016), plantean un estudio con amplia revisión de la literatura de la economía circular, captando principales características y perspectivas de la misma. Los resultados evidencian que los orígenes de la economía circular tienen sus raíces primariamente en la economía ecológica, ambiental e industrial. En China, la economía circular se origina como una meta política gubernamental, mientras que otras zonas o países como la Unión Europea, Japón y Estados Unidos es un mecanismo para delinear políticas medioambientales y de gestión de residuos. Por otro lado, la noción de circularidad no es nueva, ya que ciertos escenarios y motivaciones delimitadas han motivado pensamientos notables para la circularidad en el pasado por medio de acciones como el reprovechamiento (Lieder & Rashid, 2016).

En el trabajo realizado por Mathews & Tan (2011), titulado “Progreso hacia una economía circular en China”, es posible determinar una serie de iniciativas ecoindustriales tomadas en China y comparadas, utilizando una representación gráfica común, con iniciativas tomadas en Occidente y en otras partes de Asia Oriental, asimismo se demuestra la transformación de la antigua economía lineal a una economía circular y los procesos evolutivos en los que los vínculos dinámicos se establecen gradualmente a lo largo del tiempo. Los autores argumentan que, China podría estar aprovechando sus ventajas comparativas a través de su promoción sistemática de iniciativas ecoindustriales dentro de un marco de economía circular, para por lo tanto, situar las iniciativas en un marco evolutivo e introducir una noción de ecoeficiencia de Pareto para

evaluarlas.

Del mismo modo, Rizos, Behrens, Hofman, Kafyeke, Ioannou, Van et al. (2016), examinan las barreras que impiden que las pymes se den cuenta de los beneficios de la economía circular, los autores llevan a cabo una investigación en forma de revisión de la literatura y un análisis de una muestra de estudios de casos de pymes que se presentan en la plataforma web GreenEcoNet financiada por la UE. Identifican varios factores facilitadores que ayudan a las pyme a adoptar prácticas de economía circular. Finalmente los autores recomiendan que las políticas europeas y nacionales refuercen su enfoque en la ecologización de las preferencias de los consumidores, las cadenas de valor del mercado y la cultura empresarial, y apoyen el reconocimiento de los modelos empresariales ecológicos de las pyme; esto se puede lograr mediante la creación de mercados específicos y comunidades de práctica, por ejemplo permanecen varias barreras.

Por otro lado, Bakker, Wang, Huisman & Den Hollander (2014), plantean de manera particular que, la vida útil de los productos eléctricos y electrónicos está disminuyendo, con consecuencias medioambientales perjudiciales; los autores determinan que, los refrigeradores comprados en 2011 deben usarse durante 20 años en lugar de 14, y las computadoras portátiles durante al menos al menos 7 años en lugar de 4. No obstante, los autores afirman que, los diseñadores carecen de experiencia para diseñar para extender la vida útil del producto (a través de una vida útil más prolongada del producto, reacondicionamiento, refabricación) y reciclaje del producto. Sin embargo y a pesar de de estudios de orden particular de productos, la economía circular ha recibido una atención considerable como un enfoque que promete reconciliar los sistemas ecológicos y el crecimiento económico. A pesar de su creciente popularidad, se sabe poco sobre las luchas de implementación de las empresas establecidas en todos los sectores industriales. Además, aunque la noción de sistemas de producción circular se encuentra en la

intersección de diferentes áreas de investigación, como el diseño de productos sostenibles, las cadenas de suministro sostenibles y la logística inversa, el conocimiento sobre cómo estos conceptos se combinan para facilitar o impedir la transición de las empresas hacia circularidad es escaso (Franco, 2017).

En este mismo orden de ideas, Zhu, Geng & Lai (2010), con su investigación titulada “Prácticas de economía circular entre los fabricantes chinos que varían en la cooperación de la cadena de suministro orientada al medio ambiente y las implicaciones de rendimiento” permite determinar que las actividades industriales de rápido crecimiento en economías emergentes como China han provocado el agotamiento de los recursos y problemas de contaminación. Esta realidad requiere que China adopte un enfoque de gestión integrada para resolver el conflicto entre el desarrollo industrial y la protección del medio ambiente, y el concepto de economía circular sirve para este propósito. El documento examina si existen diferentes tipos de empresas manufactureras en cooperación en la cadena de suministro orientada al medio ambiente. También determinan si los tipos de fabricantes chinos que varían en la cadena de suministro orientada al medio ambiente difieren en su implementación de las prácticas de economía circular para lograr los objetivos, mejorar el desempeño ambiental y económico. Los resultados analíticos de conglomerados con análisis multivariante de varianza resaltan la importancia de intensificar la cooperación con los socios de la cadena de suministro upstream y downstream para que una iniciativa de economía circular tenga éxito.

Por otro lado, en el trabajo de especialización realizado por García (2018), titulado “Sistema de reciclaje de textiles post-consumo para el desarrollo de productos de economía circular en la ciudad de Bogotá, D.C.” plantea un proyecto que involucra la reintegración de textiles después de su consumo con la finalidad de incrementar la cadena de valor del sector textil y cerrar el ciclo de

materiales sin crear desperdicios o malgastar más recursos. Tiene por objetivo el planteamiento de un sistema de reciclaje para la reintroducción en el ciclo de vida, de residuos textiles post-consumo y la conformación de productos de economía circular en la ciudad de Bogotá. El estudio abarca el proceso de producción de hilatura a partir del aprovechamiento de materiales secundarios (residuos textiles), reutilización y ecodiseño con mérito técnico y económico. No obstante, la industria textil habitualmente fundamenta el perfeccionamiento de su competitividad en habilidades alineadas al consumo (comprar ropa generando una dinámica de consumismo directamente alimentada por la publicidad). Esto crea un círculo industrializado suficientemente veloz y además, un incremento desmedido de residuos textiles. Este tipo de dinámicas permite determinar múltiples fallos en el país que entorpecen la minimización de incidencia provocada por la contaminación, a raíz de los residuos sólidos; la falta de cultura y la inexperiencia sobre reutilización, separación y disposición final de los residuos, sobrelleva a la prolongación del sistema de economía lineal contemporáneo, fundamentado escuetamente en la extracción de recursos, confección, utilización y disposición (Castro, 2018).

Igualmente, Escobar, Espinosa & López (2019), es su trabajo de investigación titulado “¿Cómo implementar un modelo de economía circular en el Valle de Aburrá?” se plantea la idea de la gestión de residuos sólidos, tratando las basuras como un sistema basado en un modelo de la economía circular, ya que Colombia es uno de los países de América Latina que más residuos genera, y uno de los países que menos recicla, según el Ministerio de Ambiente. El modelo de economía circular plantea que los residuos se complementen en un ciclo de economía perfecta aprobando conservar durante gran cantidad de tiempo permitido el valor de los productos y materiales, donde los residuos se minimizan por completo, y los recursos se depositan dentro de la economía aun cuando un bien llega a su utilización final. La metodología del estudio logra

concentrar elementos el voluntarismo en el reciclaje y el resultado de un incentivo y un cobro a la fuente. Posteriormente, el prototipo suministra un escenario para el análisis de múltiples disyuntivas orgánicas y de lineamientos para la administración eficiente de los residuos.

Equivalentemente en el artículo titulado “Cusco de Café como posible material sustituto de arcilla en la fabricación de materiales cerámicos de construcción en el área metropolitana de Cúcuta” producto de la investigación de Sánchez, Álvarez & Gelves (2018), si bien es cierto que este artículo no habla de la industria textil, si hace énfasis en la aplicación de un modelo sustituto de arcilla para la fabricación de materiales cerámicos, teniendo como marco teórico la economía circular. Los resultados determinan que el uso de cusco de café como material sustituto permite la obtención de cerámicos de utilidad en el sector de la construcción, substancialmente revestimientos y pavimentos. Del mismo modo, el estudio de factibilidad de Gutiérrez & Arévalo (2019), plantea la implementación de una plataforma web llamada Norborsi, plataforma virtual, que pretende promover el beneficio de residuos y subproductos industrializables a través de transacciones de compraventa, entrega o permuta, para finalmente ocasionar su reparación y reciclaje a la cadena productiva, efectuando la individualización de los residuos concretamente: cascarilla de arroz, ceniza de carbón, chatarra, botellas plásticas, residuos agrícolas y orgánicos, derivados del sector industria, minero y agrícola, en el área metropolitana de la ciudad de Cúcuta, con la finalidad de dar a conocer a la sociedad el tratamiento actual y múltiples elecciones que logran ser efectuadas en busca de una economía circular.

2.2 Marco Teórico

“El presente modelo económico "extraer, producir, desperdiciar" está llegando ya al límite de su capacidad física. La economía circular es una alternativa atractiva que busca redefinir qué es el

crecimiento, con énfasis en los beneficios para toda la sociedad” (Foundation Ellen MacArthur, 2013, p.1).

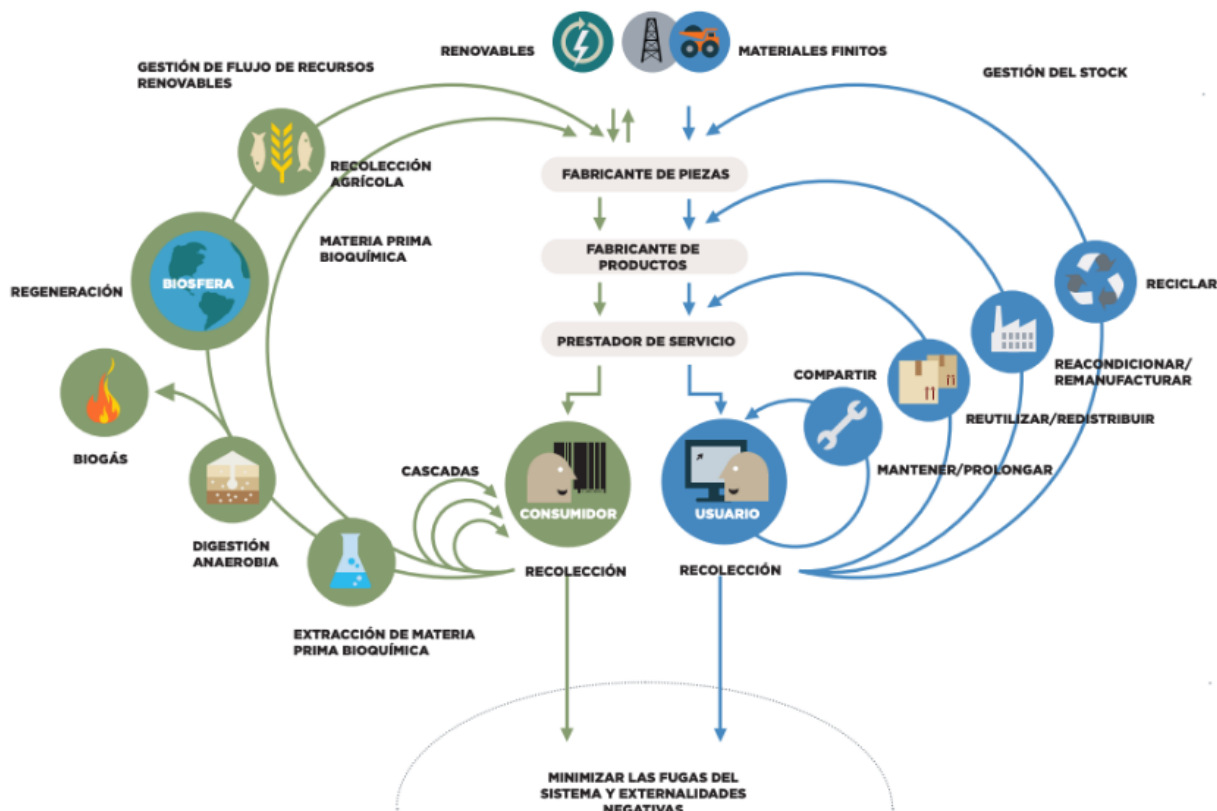


Figura 1. Diagrama del sistema de economía circular

Fuente: Foundation Ellen MacArthur, 2013.

Si bien es cierto que la investigación se fundamenta en el principio de economía circular, la conceptualización de la misma se edifica bajo la teoría de economía del rendimiento de Walter Stahel para el año 1976 y esta se complementaría con el trabajo de Reday-Mulvey para el año de 1981; no obstante, el concepto de regeneración se plantea por vez primera en el año de 1970 gracias a John T. Lyle, bajo la teoría del diseño regenerativo en la industria agrícola.

2.2.1 Teoría de economía del rendimiento. La economía del rendimiento Stahel & Reday (1981), es un concepto que va más allá de la mayoría de las interpretaciones de la economía circular: se centra en el mantenimiento y la explotación de los stocks en lugar de los flujos lineales o circulares de materiales o energía. Para Stahel (2016), el modelo de rendimiento es aplicable en economías cercanas a la saturación, cuando las cantidades de bienes nuevos que entran en uso son similares a las cantidades de bienes que se desechan al final de su vida útil.

Los elementos clave de la economía del rendimiento son la reutilización y la refabricación, para mantener la calidad de las stocks y prolongar su vida útil reduciendo la intensidad de los materiales, es decir, el flujo de materiales necesario para crear y mantener las stocks; dado que los flujos de materiales representan costes que reducen los ingresos de la prestación de servicios, los modelos empresariales inherentes a la economía del rendimiento apoyan el objetivo a nivel macro de prolongar la vida útil y, por tanto, minimizar la intensidad de materiales (Clift & Druckman, 2016). La vida útil de los productos en la economía del rendimiento está limitada por las mejoras tecnológicas en la eficiencia de capital fabricado más que por los daños, el desgaste o la moda.

La reutilización y la refabricación suelen ser más intensivas en mano de obra y menos en capital que la producción de material virgen o la fabricación primaria. Esto permite que reutilización y la refabricación sean económicamente viables a menor escala. También permite que estas actividades sustituyan el trabajo por la energía, invirtiendo la tendencia que ha caracterizan a las economías industriales y ofrecen vías para aliviar los actuales retos medioambientales, económicos y globales; es decir, para hacer la economía más sostenible. Sin embargo, existen importantes obstáculos para la adopción del modelo de la economía del rendimiento en parte porque los modelos económicos y empresariales suelen centrarse en los

flujos (PIB o valor agregado) en lugar de dar prioridad a la calidad, el valor y el uso de las stocks (Clift & Druckman, 2016).

2.2.1.1 Modelo de la cuna a la cuna. Distinguir entre stock de capital y flujos abre perspectivas útiles sobre la idea de una economía circular que aspira a sustituir a la economía industrial lineal "de una sola vez" que ha dominado los negocios en los países industrializados desde la revolución industrial (Kumar & Putnam, 2008). En la economía lineal, la atención se centra en la gestión de los flujos de producción. A nivel macroeconómico, el rendimiento de la economía industrial se juzga midiendo la suma de todos los flujos (PIB); a nivel microeconómico, calculando el valor añadido a los flujos. Su optimización se detiene en el punto de venta, donde la responsabilidad de la explotación y la eliminación de los bienes se pasan al comprador.

Podría decirse que la economía industrial es la mejor estrategia para aumentar las stocks y ampliar actividad económica para superar la escasez de alimentos, viviendas, infraestructuras y/o equipamiento, como las que existen en muchos países en desarrollo, sin embargo, en los mercados cercanos a la saturación, de modo que el número de bienes nuevos es similar al número de bienes desechados, se ha cuestionado la pertinencia del paradigma del crecimiento económico (Salas, 2009); en ausencia de una innovación de salto cuántico, la economía circular es un modelo de negocio más viable que la economía industrial en lo que respecta a los factores medioambientales, económicos y sociales. Incluso en los casos en los que se produzcan saltos tecnológicos a través de una rápida innovación, la economía circular complementará a la economía industrial.

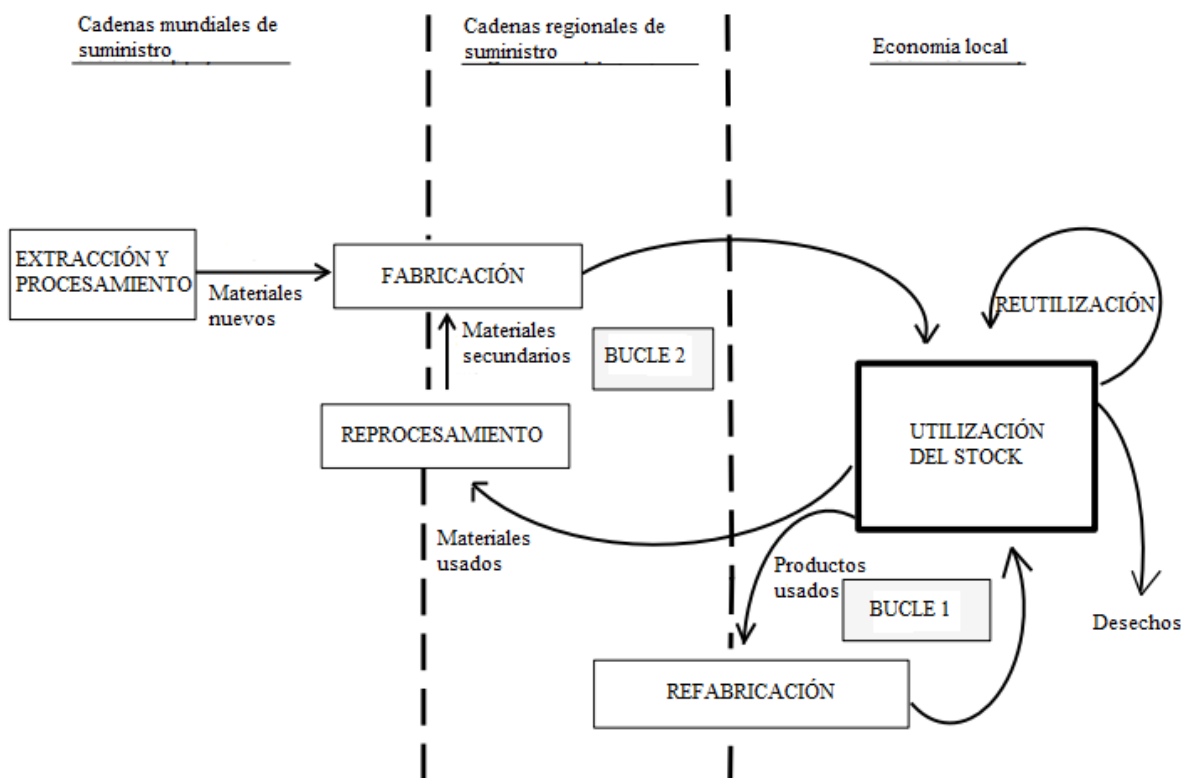


Figura 2. Los bucles básicos de una economía circular

Fuente: Stahel &/ Reday. 1981.

Los bucles básicos incluyen mercados de segunda mano (comercio y ventas por internet) así como la reutilización comercial y privada de bienes (por ejemplo, el rellenado de envases de bebidas, la reutilización y reventa de prendas de vestir). Estas actividades, como lo explicación la ilustración 1, suelen llevarse a cabo a nivel local. El bucle 1, nombrado por Stahel & Reday (1981), como la refabricación incluye la reparación, la remanufacturación y la mejora para cumplir con las nuevas normas tecnológicas o las expectativas de la moda. El bucle 2 representa el reciclaje en el que, en lugar de reparar o reutilizar los productos manufacturados y componentes, el producto es reprocesado para recuperar materiales secundarios y devolverlos al mismo uso. El reprocesamiento incluye operaciones como el reciclaje de papel y plásticos, el refinamiento de fluidos como los aceites lubricantes y, cuando es práctico, la despolimerización

de polímeros (Merrild, Damgaard & Christensen, 2009).

El concepto "de la cuna a la cuna" sigue enmarcado en términos de flujos y, por ende, pasa por alto las formas de optimizar el rendimiento físico y financiero de la economía basada en la optimización del uso de los stocks.

2.2.1.2 Vida del producto. La vida útil de los productos, es decir, el periodo de utilización, rige su velocidad de sustitución y, por ende, el consumo de recursos naturales necesarios para su fabricación y la cantidad de residuos que generan. La minimización de la vida útil de los productos aumenta la demanda de bienes de sustitución cuando éstos pueden permitirse. La prolongación de su vida útil optimiza su desempeño y reduce el agotamiento de los recursos naturales y, en consecuencia, los desechos generados, por lo tanto, un uso más prolongado de los productos contribuirá a la transición hacia una sociedad sostenible. En comparación con la sustitución rápida, la extensión de la vida útil de los productos es una sustitución de las actividades de servicios de las industrias extractivas y manufactureras, y una sustitución de las grandes empresas de capital intensivo por otras más pequeñas, integradas localmente e intensivas en mano de obra (Bocken, De Pauw, Bakker & Van, 2016).

“La tecnología está cambiando la forma en que se realizan muchas actividades empresariales. De especial importancia es el énfasis que se está poniendo en la aceleración de las operaciones empresariales [...] De hecho, la "velocidad de comercialización" (es decir reducir el tiempo de desarrollo de nuevos productos y llevarlos al mercado más rápidamente) se ha convertido en un tema muy debatido en la prensa académica y empresarial” (Bayus, 1994, p.300).

Asimismo, se ha señalado anteriormente que el modelo de economía circular es el más apropiado para una economía madura, con mercados cercanos a la saturación, donde el stock de

capital manufacturado ya se ha acumulado (Salas, 2009). En estas circunstancias, la variación de los stocks a lo largo del tiempo es relativamente pequeño, por lo que $ds/dt \approx 0$ y $p \approx q$. Esta aproximación también se aplica a los bienes personales, por ejemplo, la ropa y los muebles. La estrategia para mantener los stocks con una larga vida útil es entonces presentado por Stahel & Reday (1981), a través de la siguiente ecuación: $p = q = s/t$

Donde T es el total, y la prioridad es reducir p.

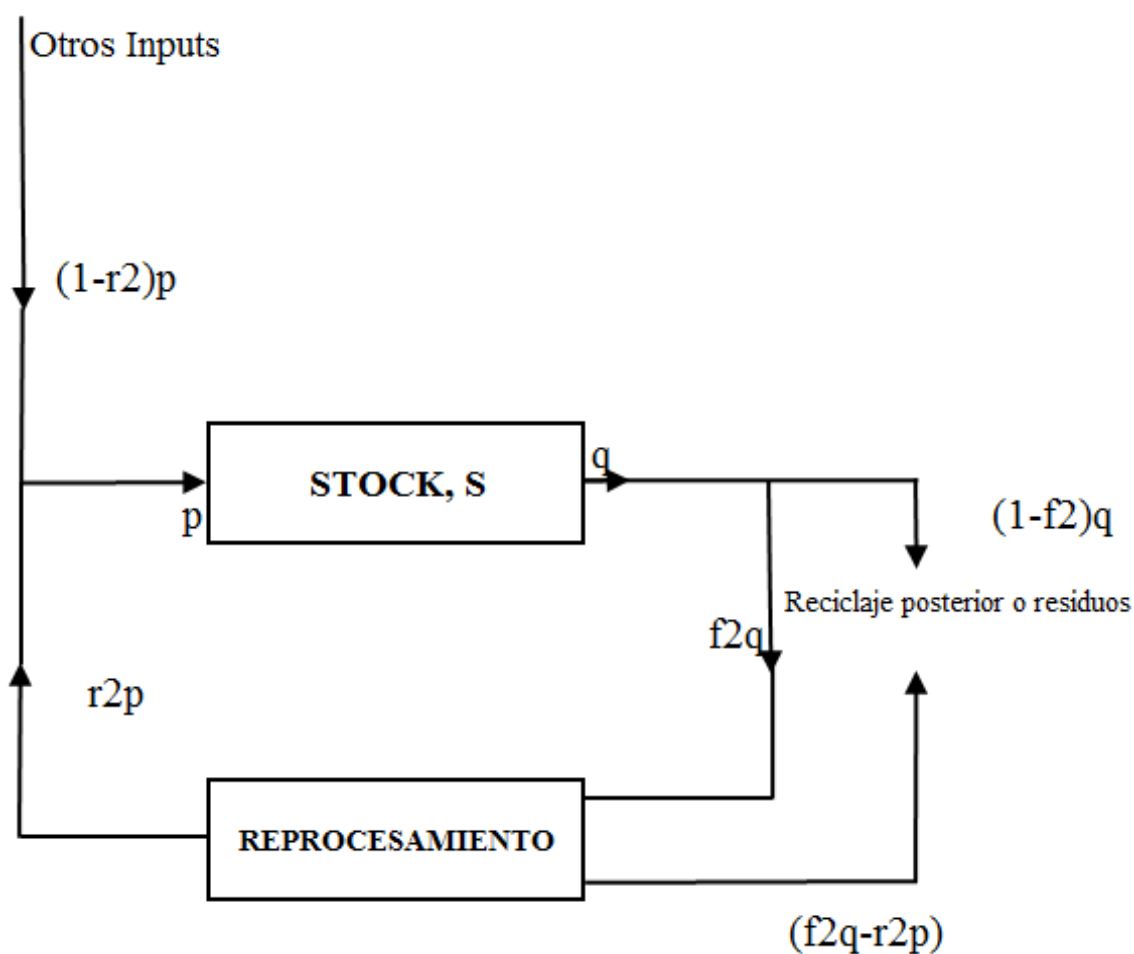


Figura 3. Ciclo de reciclaje sencillo

Fuente: Stahel & Reday, 1981.

- r_2 = Fracción de material reciclado en productos de nueva fabricación.
- f_2 = Fracción de “q” encaminada al reprocesamiento.
- q = Salida de materiales o productos de la fase de uso (por ejemplo, toneladas/año).
- p = Flujo de materiales o productos en uso (por ejemplo, toneladas/año).

La ilustración 2 representa un ciclo de reciclaje sencillo, como un producto con una vida útil corta, es el caso de los envases de bebidas, por ende, la prioridad es en la eficiencia del bucle 2 (ver ilustración 1), en otras palabras, su prioridad es el reprocesamiento. La fracción de material que vuelve a utilizarse después de cada ciclo es r_2 . Después de n bucles, la fracción que queda en uso es r_2^n que se reduce rápidamente incluso cuando r_2 es relativamente alto. La vida media del material que deja el uso en términos de número de usos, se denomina como \bar{n} , por lo tanto la ecuación quedaría de la siguiente manera: $\bar{n} = 1/(1-r_2)$.

En el caso del papel (ver ilustración 2), el reciclado daña las fibras, por lo que, para evitar que \bar{n} sea demasiado alta, se limita el r_2 y se necesita una introducción mínima de material nuevo para mantener las propiedades del papel. Otro ejemplo permite demostrar que, incluso para un material tan valioso como el níquel, utilizado en muchas aleaciones, pero también en artículos como la bisutería, sólo el 55% regresa alrededor del ciclo, de modo que el 30% permanece después de dos ciclos y sólo el 17% después de tres (Foundation Ellen MacArthur, 2013).

2.2.1.3 Modelos de negocio. El principio de la gestión de stocks es el cuidado para mantener la cantidad y la calidad de las mismas. Esto se aplica a la mayoría de stock, incluyendo el capital natural, humano y manufacturado, y es radicalmente diferente del pensamiento "más grande, mejor, más rápido y más seguro" que sustenta la economía industrial. La optimización del

rendimiento (flujo) de la producción en las cadenas de suministro globales se sustituye por la gestión de activos (stocks) en la economía circular; el concepto económico de valor añadido se sustituye por el objetivo de preservación del valor (Clift & Druckman, 2016). Lo que interesa a los inversores es el hecho de que el rendimiento de la inversión de una planta de reaprovechamiento suele ser muchas veces superior al de una planta que fabrica los mismos productos desde cero, debido al menor coste de capital. En cambio, los costes de explotación, sobre todo la mano de obra, suelen ser mucho más elevados.

Dadas estas diferencias conceptuales, se plantean tres modelos de negocio:

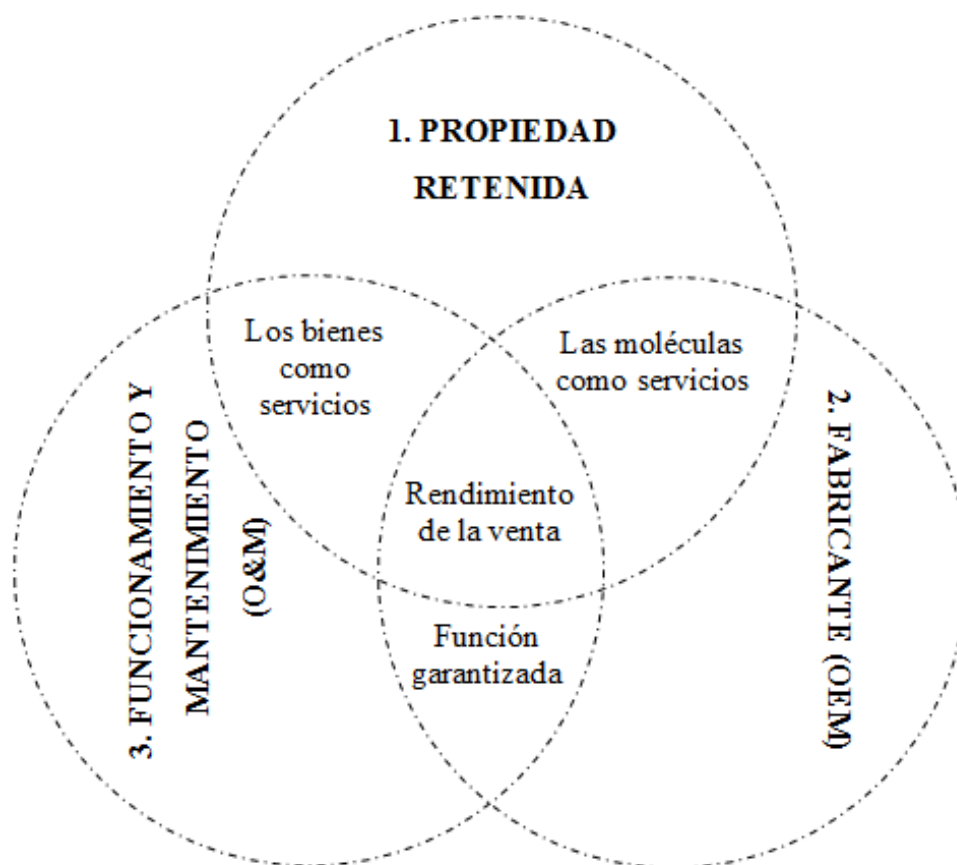


Figura 4. Los modelos de negocio en la economía del rendimiento

Fuente: Clift & Druckman, 2016.

La esencia de la economía del rendimiento reside en producir, vender y gestionar rendimiento a lo largo del tiempo (Lin et al., 2018). La gestión de los stocks está en el centro del modelo de negocio porque cada flujo (reparación o pérdida de stocks) representa un coste. Los tres componentes y actores esenciales de la economía del rendimiento se muestran de forma esquemática en la ilustración 3.

El éxito del funcionamiento en la economía del rendimiento incorpora los tres componentes. La venta de rendimiento implica la internalización de los costes de riesgo y los residuos durante toda la vida útil del capital fabricado (Rizos et al., 2016). En consecuencia, han surgido diferentes modelos de combinar las funciones de los tres tipos de actores para aumentar la vida útil, la calidad y el rendimiento de los stocks y reducir los costes de transacción. A continuación se exponen algunos ejemplos:

- Rendimiento de la venta: uso de neumáticos por kilómetro (Pirelli); energía por horas (General Electric); iluminación (Lumina); equipos de oficina (Reprograf).
- Moléculas como servicios: el arrendamiento químico "alquila una molécula" (lubricantes, disolventes de limpieza); minería: el Estado concede licencias de explotación pero conserva la propiedad de la producción.
- Función garantizada: equipos comerciales y de servicio (congeladores, ascensores); sistemas de gestión química; gestión integrada de cultivos.
- Bienes como servicios: transporte (transporte marítimo, autobuses, contenedores); arrendamiento con tripulación de aeronaves: avión más tripulación, más combustible; bienes inmuebles (hoteles, multipropiedad); alquiler de equipos a corto plazo (vehículos, herramientas).

Los ejemplos presentados según los modelos de negocio, demuestra que la escala geográfica de las actividades del bucle 2 (ver ilustración 1) vienen determinadas por la tecnología y muchos procesos metalúrgicos, asociados a un alto coste de capital. Ellos necesitan ser operados a gran escala para ser competitivos con la producción primaria. No obstante, el predominio de los costes laborales y logísticos, más que del capital, en el reaprovechamiento y la refabricación reducen las economías de escala y, por ende, son coherentes con una escala menor y descentralizada (Clift & Druckman, 2016).

2.2.1.4 Ecología industrial. La ecología industrial es:

Un marco amplio y holístico para guiar la transformación del sistema industrial hacia una base sostenible. Esto supondrá un profundo cambio de un modelo lineal a un modelo de circuito cerrado que se asemeja mucho a los flujos cíclicos de los ecosistemas. La ecología industrial exige que abandonemos la fantasía de que nuestro mundo industrial es de alguna manera independiente de las limitaciones naturales. (Lowe & Evans, 1995, p.48)

Según Stahel (2016), la idea de la economía del rendimiento se ha desarrollado por separado de los avances en la ecología industrial, no obstante, el pensamiento sobre la economía del rendimiento encarna la idea de un ecosistema industrial modulada por Lowe & Evans (1995), de modo que la teoría se apoya en conceptos y herramientas de la ecología industrial, como la gestión del ciclo de vida, la contabilidad de los flujos y las stocks de materiales, la eficiencia de los recursos, el metabolismo urbano y la desmaterialización, para finalmente aplicarlos. La localización de la reutilización, el reaprovechamiento y algunos reprocesamientos pueden abrir nuevas oportunidades de simbiosis entre las actividades industriales. Aunque los motores de la economía del rendimiento son principalmente económicos, el modelo tiene el potencial de aliviar

los mismos retos medioambientales, económicos y sociales que la ecología industrial pretende abordar (Geissdoerfer, Savaget, Bocken & Hultink, 2017).

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Economía circular. El concepto describe como los recursos naturales influyen en la economía, al proporcionar insumos para la producción y el posterior consumo, de la misma manera que sirve como “reservorio” de productos en forma de residuos (Ghisellini et al., 2016), la tierra es un sistema cerrado y circular con una capacidad de asimilación, en donde, la economía y el medio ambiente deben coexistir en equilibrio (Foundation Ellen MacArthur, 2013).

La economía como un sistema regenerativo en el que la entrada de recursos y los residuos y las fugas de energía se minimizan frenando, cerrando y reduciendo los circuitos de materiales y energía. Esto puede lograrse mediante el diseño duradero, el mantenimiento, la reparación, la reutilización, la refabricación, renovación y reciclaje. (Geissdoerfer et al, 2017, p.759)

La economía circular puede definirse como un modelo económico orientado al uso eficiente de los recursos mediante la minimización de los residuos, la retención del valor a largo plazo, la reducción de los recursos primarios y el de productos, partes de productos y materiales dentro de los límites de la protección del medio ambiente y los beneficios socioeconómicos. Este modelo tiene el potencial de conducir al desarrollo sostenible, al tiempo que desvincula el crecimiento económico de las consecuencias negativas del agotamiento de los recursos y la degradación del medio ambiente. (Morseletto, 2020, p.1)

2.3.1.1 Objetivos. Los objetivos principales de la economía circular se evidencian a continuación:



Figura 5. Principales objetivos de la economía circular

Fuente: Morsetto, 2020.

Estos objetivos pueden agruparse en cinco áreas principales de aplicación: eficiencia, reciclaje, recuperación, reducción y diseño.

Los objetivos, en la economía circular, son declaraciones abiertas de lo que se debe lograr con ninguna o poca referencia a los calendarios y plazos de realización; tienden a ser objetivos amplios y no operativos hacia una condición deseada. Mientras que los objetivos denotan resultados operativos que hacen realidad esa condición, ellos desempeñan un protagonismo primordial en la gobernanza porque suministran una dirección específica y exigen un compromiso para alcanzar resultados predeterminados en la economía circular (Beccarello & Di

Foggia, 2018).

Los objetivos de la economía circular pueden examinarse desde muchos ángulos, como los recursos, los modelos empresariales, los sectores/industrias o las estrategias (Morseletto, 2020).

2.3.2 Desarrollo sostenible. A continuación se plantea el desarrollo sostenible:

Un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades [...] La sostenibilidad se está convirtiendo en un imperativo empresarial clave, ya que la eterna búsqueda de dominio sobre la naturaleza se sustituye por el reto de lograr el equilibrio medioambiental. (Wilkinson, Hill, & Gollan, 2001, p.1492)

2.3.2.1 Principios. Vivir dentro de los límites del medio ambiente: Respetar los límites de los recursos del planeta, para mejorar nuestro entorno garantizar que los recursos naturales necesarios para la vida sean intactos y permanezcan así para generaciones futuras

- Garantizar una sociedad fuerte, sana y justa: Satisfacer las diversas necesidades de todas las personas en las comunidades actuales y futuras, promoviendo el bienestar, la cohesión social y la inclusión y crear igualdad de oportunidades para todos
- Lograr una economía sostenible: Construir una economía fuerte, estable y sostenible que proporcione prosperidad y oportunidades para todos, y en la que los costes medioambientales y sociales recaigan sobre los que contaminan.
- Promover la buena gobernanza: Promover activamente sistemas eficaces participativos de gobernanza en todos los niveles de la sociedad, con la creatividad, la energía y la diversidad.

- Uso responsable de la ciencia: Garantizar que la política se desarrolla y aplicada sobre la base de pruebas científicas sólidas, teniendo en cuenta la incertidumbre científica así como las actitudes y valores del público (Elliot, 2017).

“En principio, una política óptima de este tipo trataría de mantener una tasa aceptable de crecimiento de la renta real per cápita sin agotar el stock de activos de capital nacional del stock de activos medioambientales naturales” (Turner, 1989, p.194).

2.3.2.2 Pilares. Se han propuesto varios marcos o tipologías para simplificar la compleja noción de desarrollo sostenible. Comúnmente, se presenta como tres pilares. Estas metáforas arquitectónicas confirman la necesidad de considerar los ámbitos social, ecológico y económico de forma conjunta y equitativa para que la figura se mantenga en pie y el desarrollo sea sostenible (Foundation Ellen MacArthur, 2013). No obstante, estas representaciones son menos eficaces para comunicar las interconexiones entre los pilares y la necesidad de integrar el pensamiento y la acción en materia de desarrollo sostenible más allá de los límites disciplinarios tradicionales.

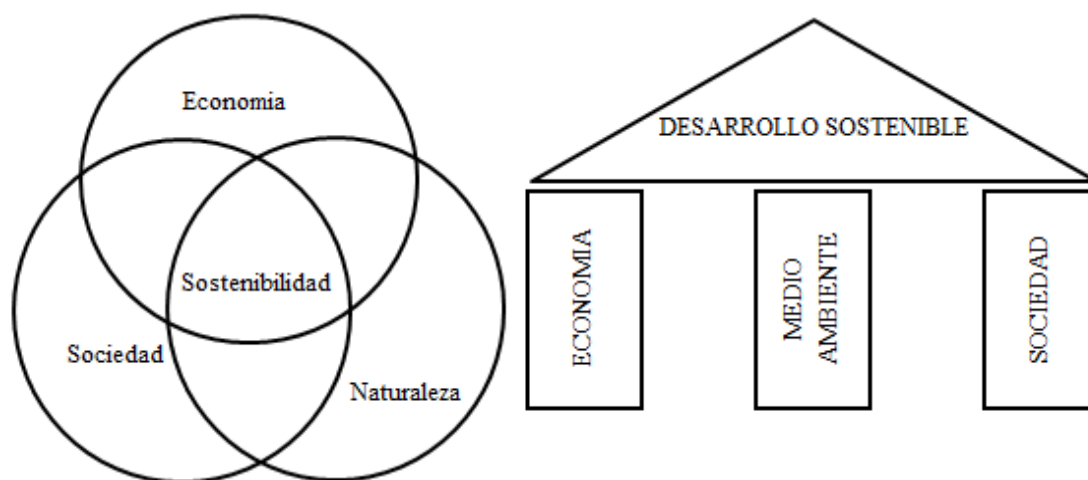


Figura 6. Pilares del desarrollo sostenible

Fuente: Elliot, 2017.

Estos pilares de desarrollo sostenible se pueden representar mejor mediante círculos entrelazados en los que el desarrollo sostenible es el punto de intersección de los círculos (Foundation Ellen MacArthur, 2013). Estas representaciones prestan atención al objetivo del desarrollo sostenible como un intento de maximizar los objetivos de las tres esferas al mismo tiempo y la posibilidad de obtener beneficios que se apoyen mutuamente mediante acciones de desarrollo sostenible.

Estas representaciones prestan atención al objetivo del desarrollo sostenible como un intento de maximizar las metas en las tres esferas al mismo tiempo y la posibilidad de obtener de apoyo mutuo ("ganar-ganar") que pueden obtenerse mediante acciones de desarrollo sostenible (Foundation Ellen MacArthur, 2013).

2.3.3 Residuos sólidos. “Constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico. Se componen principalmente de desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo” (Rivas, 2019, p.2).

2.3.3.1 Clasificación. Los residuos sólidos se clasifican según las siguientes razones Rivas (2019):

Riesgo:

- Inertes: carecen de cambios físicos, químicos o biológicos.
- Peligrosos: según sus particularidades personifican un peligro para la sociedad y la naturaleza.

- No peligrosos: No presentan un riesgo ni muchos menos presentan cambios en su orden físico, químico o biológico.

Origen:

- Domésticos.
- Industriales.
- De construcción y demolición.
- Agrícolas.
- Hospitalarios.
- Electrónicos.

Estructura:

- Orgánicos: residuo con estructura orgánica, que tuvo vida o conformó la estructura de un ser vivo
- Inorgánico: de naturaleza industrial u otro método artificial
- Combinación de residuos: combinación de desechos orgánicos e inorgánicos

2.3.3.2 Retal de la tela de poliéster. Conjunto de pedazos sobrantes o desperdicios de tela (Real Academia Española, 2020) con composición de poliéster.

2.4 Marco Espacial

Aquí se resalta la delimitación espacial, haciendo referencia al entorno en el cual se plantea la construcción del conocimiento, así que el entorno puede ser desde un grupo sociocultural, hasta

una zona delimitada geográficamente (Méndez, 2002). Dicho esto, el estudio en proceso se realizará en el municipio de Cúcuta, capital del Norte de Santander situado en la región andina al nororiente de Colombia, con coordenadas latitud: 7.9 longitud: -72.5 latitud: 7° 54' 0" Norte longitud: 72° 30' 0" oeste.

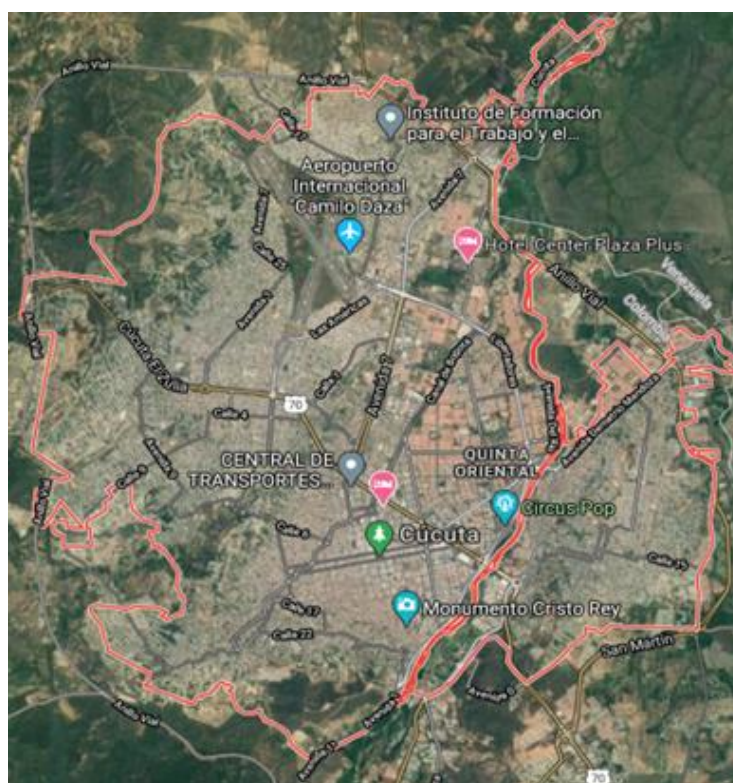


Figura 7. Mapa de San José de Cúcuta

Fuente: Google Maps, 2020.

2.5 Marco Temporal

Aquí se define el tiempo de desarrollo para el estudio en proceso (Méndez, 2002), dicho esto, el estudio abarca veinte (20) semanas una vez sea aprobado el anteproyecto, el cual se describe con mayor claridad en el cronograma de actividades del capítulo III denominado marco metodológico.

2.6 Sistematización de Variables

Tabla 1. Sistematización de variables

	Variable	Dimensión	Indicador	Subindicador
ECONOMÍA CIRCULAR		Entrada en el proceso productivo	¿Qué procesos textiles elabora su empresa?	Materia prima virgen Reciclad Elementos reutilizados
		Utilidad durante fase de uso	¿Por cuantos procesos pasa el textil para ser producto final?	Durabilidad Modelos de reparación Mantenimiento Consumo compartido
	Residuos Textiles de Poliéster	Destino después del uso	¿Cuantos kilos de textiles usan semanalmente? Utiliza el residuo que resulta de la confección de textiles	
		Eficiencia del reaprovechamiento/reciclaje	Se realiza separación de los diferentes residuos de materiales que se usan Conoce usted el costo de los desperdicios arrojados en cada proceso Considera importante reutilizar los desperdicios arrojados de cada proceso textil Utilizan alguna herramienta para la minimización de la carga contaminante en los vertimientos respecto cada proceso	

Fuente: MacArthur, 2013.

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Estudio

Se empleó una investigación cuantitativa, documental, no experimental de tipo transversal y correlacional, ya que se observa las variables en el entorno presente para después estudiarlos, no obstante, no se interviene adrede en el manejo de las variables de la investigación. La predilección es exponer la procedencia y la consecuencia de las variables, en otras palabras, como la incide directamente en la gestión de los residuos sólidos (retal de tela de poliéster), dado el caso. Igualmente se detallaron los escenarios, argumentos y acontecimientos en donde se desarrollan las variables. En otras palabras, se recolectaron datos de forma autónoma o ligada a la variable independiente y de la variable dependiente.

En algunas ocasiones la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado o bien cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo [...] En ocasiones como esta el diseño apropiado (bajo un enfoque no experimental) es el transversal. (Kerlinger & Lee, 2002, p.116)

3.2 Enfoque

Es un enfoque cuantitativo, porque los datos obtenidos fueron medidos para poder conocer la influencia de las variables, haciendo alusión a Hernández et al. (2014), se recolectaron datos con base en el procesamiento estadístico futuro de la información, con la finalidad de establecer pautas de comportamiento entre la variable independiente y la variable dependiente. Evidentemente realizando correlación entre las variables para de tal manera llegar a proposiciones precisas y en el mejor de los casos, realizar recomendaciones a las empresas de la

industria textil.

La investigación cuantitativa mantiene las siguientes particularidades:

- Es inferencial y deductive.
- Lleva al planteamiento de teorías.
- Recolectada por medio de métodos estadísticos, los cuales se necesitan para analizar los datos recolectados y permitir la veracidad.
- Es objetiva y documental (Kerlinger & Lee, 2002).

En consecuencia, se empleó la recolección y examen de los datos para perfeccionar las interrogantes del estudio o los nuevos paradigmas que se exteriorizaron mientras se llevó a cabo el desarrollo del análisis y definición de cada resultado obtenido.

“Enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández et al., 2014, p.4).

3.3 Población

Para esta sección del estudio, precisó en delimitar quiénes y que particularidades necesitan tener los individuos objeto de estudio (Bernal, 2010).

Conforme con la Cámara de Comercio de Cúcuta, la capital de Norte de Santander tiene un total de 1704 empresas que conforman la industria textil de los códigos 1399 (Fabricación de otros artículos textiles) y 1312 (tejeduría de productos textiles). Por ende, el universo a suponer en la investigación es N=1704.

3.4 Muestra

La muestra es, en efecto, una delimitación precisa de la población. Se logra decir que es un subconjunto de compendios que corresponden a ese grupo determinado en sus exigencias al que denominamos población. De la población es útil seleccionar muestras características de la misma. Así que es necesario concretar en el plan y argumentar las poblaciones en estudio, el tamaño de la muestra, la metodología a emplear y el procedimiento para clasificar los elementos de estudio (Behar, 2008).

Empleando el término para universos inferiores a cien mil elementos bajo Distribución Normal, se estableció una muestra de 235 elementos, con un nivel de confianza del 90%.

Tabla 2. Cálculo de la muestra

N>100000			Tabla Z	
			nivel de confianza	Z
Margen:	e=	5%	0,95	1,96
Nivel de confianza:	z=	1,65	0,9	1,65
Población:	N=	1704	0,91	1,7
	p=	50%	0,92	1,76
	q=	50%	0,93	1,81
			0,94	1,89
n= 235				

Fuente: Lobo, 2005.

235 es el tamaño preciso encomendado para la muestra del estudio, ya que se logrará ejecutar con la certeza de las circunstancias admitidas. El cálculo está basado en la Distribución Normal para universos por debajo de los cien mil elementos (Lobo, 2005).

3.5 Técnicas de Recolección de Información

La investigación efectuó una revisión documental que permitió profundizar en los elementos necesarios para otorgar respuestas a los objetivos específicos formulados en el estudio, y en la fase de campo, se recurrió a la técnica de la encuesta utilizando como instrumento el cuestionario y escalamientos de Likert, óptimos para medir la reacción del individuo a través de un conglomerado de indicadores que se exhiben a manera de afirmaciones (Hernández et al., 2004).

3.6 Herramientas para el Tratamiento de la Información

Llegado a este punto, se confrontó y se comprobaron los supuestos, además se estructuraron los cuadros y tablas para lograr matrices de información con la finalidad de estudiarlos y explicarlos para lograr obtener conclusiones. Las maneras más comunes para la administración de los datos acopiados son por preeminencia la estadística y las escalas de aptitudes, entre otros mecanismo, asimismo se empleó la correlación de las variables a estudiar.

La investigación utilizó hojas de cálculo electrónicas para procesar los datos obtenidos y el software SPSS, para la estadística descriptiva. Para una mejor visualización de los datos y los resultados se utilizaron figuras y tablas para relacionar los datos obtenidos y apoyar el análisis de los objetivos.

4. Análisis y Resultados

4.1 Gestión de Residuos Textiles y Economía Circular: Desde una Revisión

Teórico/Bibliográfica

El diseño de los productos es importante para lograr los objetivos de la Economía Circular porque hay que tener en cuenta numerosos ciclos de vida para la circularidad de los productos (Bocken et al., 2016), por ende la producción sostenible de bienes depende en gran medida de la selección de los recursos y procesos de fabricación. En el diseño de productos, se observan dos aspectos: la complicación de los materiales y componentes básicos, y la complicación de la función y la estética del producto. La combinación de estos dos aspectos no solo limita la gama de productos reciclados que se ofrecen a los consumidores finales, sino que también determina la medida en que los productos pueden ser reciclados después de su uso.

La disponibilidad de elementos (como tintes, fibras, hilos) y otros componentes (como cremalleras, botones) no es el único componente limitante del diseño para entender los productos reciclables. Igualmente importante es el suministro de componentes complementarios (como soluciones de envasado, tintas para etiquetas) y tecnologías de fabricación (como el tejido y el teñido). Todas estas características afectan a la velocidad y de desarrollar nuevos productos, lo que a su vez determina la variedad de productos básicos que pueden desarrollarse con los recursos existentes y, en última instancia, definen el alcance total de los productos básicos reciclados que se pueden vender y volver a desarrollar (Mathews & Tan, 2011).

La funcionalidad de los productos textiles se añade a los tejidos mediante diversos procesos de acabado físicos y bioquímicos para lograr muchas propiedades requeridas, como la protección contra los rayos ultravioleta y la protección contra los insectos, la resistencia al agua y la

resistencia al fuego (Hassanbeigi & Price, 2015). Por rendimiento estético y funcional se entiende el atractivo visual que se entiende a través de recursos distintivos, estructuras y enfoques de tratamiento de los tintes al diseñar los tejidos. Por lo tanto y según Lin et al. (2018) la apariencia y la estética afectan a la percepción de los clientes sobre los productos de la industria.

La industria textil es extensa, ya que incluye empresas de ropa y textiles que producen, distribuyen, promueven y venden fibras, telas, productos y servicios de moda (Cárdenas, 2019). El impacto de la industria en el medio ambiente, la sociedad y la economía también es extenso. La industria es global y tiene un estimado de \$ 1,9 billones en 2019, y se espera que aumente a una industria de \$ 3,3 billones para 2030 (ONU, 2019). Si bien la industria textil es un sector importante en la economía global, también ha sido condenada como una de las principales industrias contaminantes del mundo. Las amenazas ambientales que ha causado se deben principalmente al sistema económico que ha venido adoptando. En la industria menos del 1% de los materiales de la ropa se recicla, genera alrededor de 1.200 millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero y el 20% de la contaminación del agua industrial se desarrollan únicamente a partir de la producción textil (Carrera, 2017). Estos graves efectos adversos resaltan la urgente necesidad de que la industria adopte un sistema económico más sostenible, es decir, Economía Circular (Beccarello & Di Foggia, 2018).

A pesar de los esfuerzos de la industria para aplicar principios de economía circular, la estructura organizativa y los desafíos contextuales innatos en la industria textil siguen ejerciendo una gran presión sobre el medio ambiente. En primer lugar, la estructura organizativa plantea un serio desafío para la creación de estrategias porque las corporaciones relacionadas con la industria constan de varias unidades pequeñas (equipos de diseño, abastecimiento, comercialización y marketing) que son altamente interdependientes y requieren apoyo mutuo para abordar un

problema en situaciones específicas, como la sostenibilidad (Vajnhandi & Valh, 2014). En segundo lugar, además de las complicaciones internas de la industria textil, su larga y compleja cadena de suministro también es problemática para la creación de estrategias. De hecho, es difícil garantizar la transparencia circular porque la cadena de suministro está extremadamente fragmentada con muchas partes interesadas, que van desde las partes interesadas internas (por ejemplo, propietarios, gerentes y empleados) hasta las partes interesadas externas (por ejemplo, el gobierno, subcontratistas, agentes, y consumidores), involucrados en el proceso de creación de valor (Rakib, Saidur, Mohamad & Muhammad, 2017). En particular, considerando que la Economía Circular significa reutilizar productos y materiales una y otra vez, no se puede lograr un verdadero sistema de circularidad sin el compromiso de los consumidores.

Actualmente, la forma en que se diseña, produce y utiliza productos que generen residuos textiles no es beneficioso para el medio ambiente y cada vez está más claro que convertir la forma en que se produce la ropa en una circular no es en absoluto una tarea fácil. Se han desarrollado ejemplos de sistemas de logística inversa o cadenas de suministro de bucle cerrado para mejorar la sostenibilidad de los artículos desechados.

Estos ejemplos y otras prácticas para la gestión eficaz de residuos textiles están motivados por el creciente coste de producción, la disminución de los recursos naturales y la falta de espacio en los vertederos. Así, las prácticas circulares en la cadena de suministro podrían tener el potencial de transformar la forma en que se producen, consumen y eliminan los textiles.

Filho, Ellams, Han, Tyler, Boiten, Paco et al. (2019), abordan las diferentes formas de gestión de residuos textiles pos-consumo en los países nórdicos, dividiendo el proceso en: recogida, clasificación, reutilización y reciclaje. En resumen, la recogida indica que se reúnen los productos

de todos clientes y el transporte al siguiente paso de la gestión de residuos. El proceso de clasificación depende del objetivo final (reutilización o reciclaje) y de la cantidad recogida. Por último, la reinserción indica el envío de los residuos textiles para su reutilización o reciclaje (Marques, Moreira, Cunha & Moreira, 2019); Según Koch & Domina (2009), la industria que genere residuos textiles se enfrenta a una variedad de prácticas de recogida, clasificación, reutilización y reciclaje de artículos pos-consumo.

En cuanto a la complejidad de estas diferentes prácticas en un contexto circular, Rossi, Bertassini, Dos Santos, Neve & Ometto (2020), señalan que al identificar cuáles son los criterios decisivos para elegir una determinada práctica de gestión de residuos, permite aclarar cómo se eligen estas prácticas, así como el rendimiento de dicha iniciativa en un contexto económico, ambiental o social. Según Piribauer & Bartl (2018), aunque estos criterios pueden ser inagotables, si se estandarizan permiten comparar las prácticas aplicadas en diferentes contextos (tipo de empresa) y regiones distintas. La tabla 3 presenta los criterios identificados en la literatura desde su contexto y descripción.

Tabla 3. Criterios para analizar las prácticas de gestión de residuos textiles pos-consumo

Contexto	Criterios	Descripción	Referencias
Económico	Coste de la mano de obra cualificada	Coste de la mano de obra cualificada para la iniciativa, ya que requiere conocimientos técnicos específicos	(Marques et al., 2019); (Filho et al., 2019)
	Flexibilidad en la aplicación de recursos financieros, materiales y humanos	Capacidad de cambiar la aplicación de los recursos, debido a la complejidad del mercado de la confección	(Rossi et al., 2020); (Marques et al., 2019)
	Tecnología implicada	Los procesos automatizados se visualizan y utilizan	(Lin et al., 2018); (Hassanbeigi & Price, 2015)
	Costes de transporte	Capacidad de recogida de los residuos textiles teniendo en cuenta: la distancia al centro de	(Piribauer & Bartl, 2018)

Contexto	Criterios	Descripción	Referencias
		clasificación, la capacidad de recogida y la calidad de los textiles	
	Capacidad de tratamiento de residuos textiles	Considerar el número de prendas de vestir que la iniciativa puede recoger, clasificar, reutilizar o reciclar	(Koch & Domina, 2009)
Medio ambiental	Consumo de energía eléctrica	Evalúa el consumo de electricidad	(Rakib et al., 2017)
	Consumo de agua	Evalúa el consumo de agua	(Vajnhandi & Valh, 2014)
	Suficiencia de los recursos recogidos	Considera el uso total del material recogido	(Dahibo, Aalto, Eskelinen & Salmenpera, 2017)
	Generación de residuos	Considera la generación de residuos enviados al vertedero	(Thanh, Matsui & Fujiwara, 2010)
	Trazabilidad de la pieza final	Trazabilidad del producto final	(Kazancoglu, Kazancoglu, Yarimoglu & Kaharaman, 2020)
Social	Asociación con cooperativas, asociaciones y consorcios	Da prioridad a estos tipos de asociación en las regiones donde existen	(Balanay & Halog, 2019)
	Disponibilidad de la participación de los grupos vulnerables	Asociaciones con grupos vulnerables en regiones donde se generan residuos textiles	(Mohapatra, 2012)
	Normas de seguridad y salud de los empleados	Integridad física y mental del empleado en el desempeño de sus actividades en la empresa	(Tounsadi, Metarfi, Taleb, El Rhazi & Rais, 2020)

4.1.1 Vías de reciclaje textil. La evaluación del ciclo de vida está bien establecido dentro de la industria textil y se ha utilizado en el pasado para analizar las implicaciones medioambientales de diferentes aspectos de las cadenas de suministro textil (Dahibo et al., 2017). La perspectiva del ciclo de vida se considera ampliamente esencial para la contabilidad cuantitativa de los impactos ambientales asociados con el reciclaje textil (Rossi et al., 2020). La literatura contemporánea permite demostrar que el poliéster es el material más estudiado.

Los métodos de reciclaje textil se clasifican en mecánicos, semi-mecánicos, termoquímicos, hidrotérmicos y químicos (Vajnhandi & Valh, 2014). En la actualidad, el reciclaje mecánico se

lleva a cabo de dos maneras: A través de la extrusión directa de fibras a partir de escamas de PET y por medio de peletización de escamas de PET seguida de hilado en fusión para producir fibras. A las fibras hiladas por fusión se les añade una pequeña cantidad de etilenglicol para mejorar su calidad final en el reciclaje mecánico (Piribauer & Bartl, 2018). En el reciclaje térmico convencional, la combustión de los residuos textiles sólidos tiene lugar a una temperatura muy alta para generar energía térmica.

El proceso de reciclaje termoquímico, como la pirólisis, se aplica para resolver los problemas relacionados con la insuficiencia de oxígeno en los procesos de reciclado térmico, ya que conduce a la generación de gases de efecto invernadero como el monóxido de carbono. La pirólisis es un proceso de descomposición en el que el nitrógeno es el gas portador en lugar del oxígeno para crear la atmósfera inerte necesaria para la combustión y también produce varios productos como fibra de carbono activado, carbón vegetal, gas de síntesis, bioaceite, etc (Williams & Reed, 2004).

El tratamiento químico se considera una vía prometedora de reciclaje textil para recuperar las fibras de algodón mediante la disolución de la parte polimérica (Hassanbeigi & Price, 2015). En esta tecnología química, el algodón se recupera de los residuos textiles utilizando productos químicos disponibles en el mercado. Incluye tres pasos: (I) pretratamiento de los residuos textiles mediante la lixiviación del tinte textil (II) disolver todos los materiales orgánicos en el tejido de residuos textiles pre-tratados, incluido el poliéster, utilizando dimetilsulfóxido; (III) purificar la fibra de algodón finalmente recuperada blanqueándola con hipoclorito de sodio y ácido clorhídrico diluido. Los productos químicos utilizados fueron regenerados y pueden reutilizarse. La evaluación medioambiental de los experimentos preliminares, según la literatura revisada, a escala de laboratorio reveló que esta tecnología había reducido las emisiones de gases de efecto

invernadero calculadas sobre la base del consumo de energía, y la cantidad de materiales (algodón y poliéster) recuperados (Williams & Reed, 2004). Sin embargo, la evaluación del impacto ambiental de otros novedosos enfoques de reciclaje, como los métodos de reciclaje biológico, todavía están en fase de investigación.

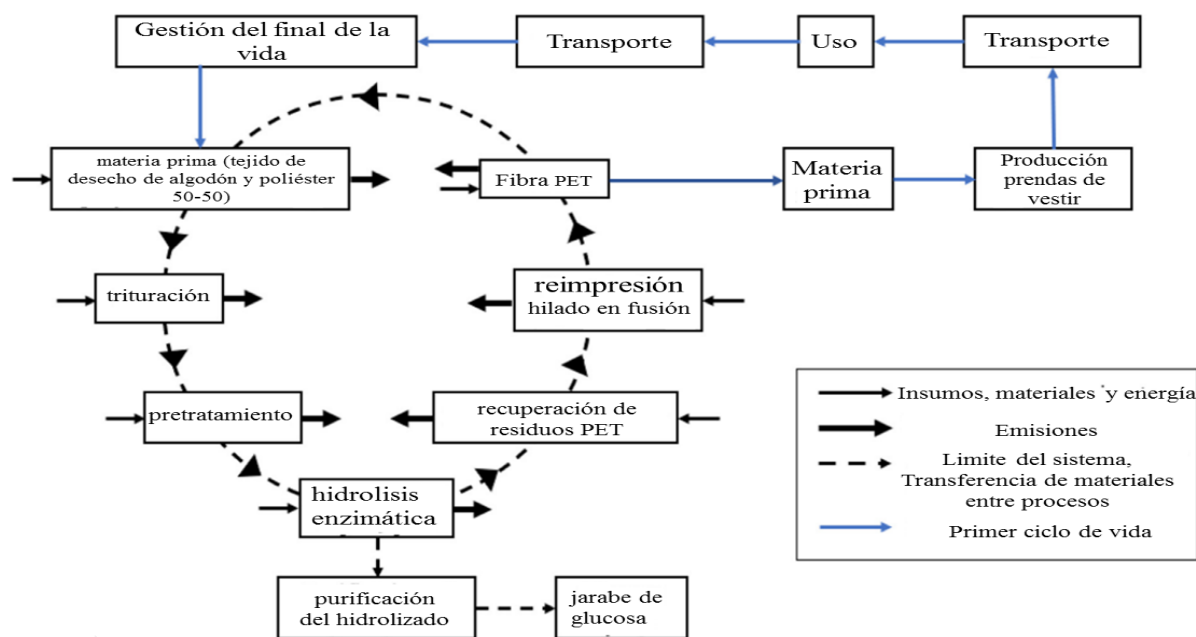


Figura 8. Ilustración de un sistema de recuperación

Fuente: Subramanian, Chopra, Cakin, Li & Ki Lin, 2020.

Las mezclas de residuos textiles de algodón y poliéster al final de su vida útil se procesan biológicamente (pre-tratamiento, hidrólisis, purificación e hilado de fusión) y la fibra de PET se recupera como resultado. La fibra de PET recuperada se convierte en la materia prima para un nuevo ciclo de producción de prendas de vestir representado por las flechas azules (Subramanian et al., 2020).

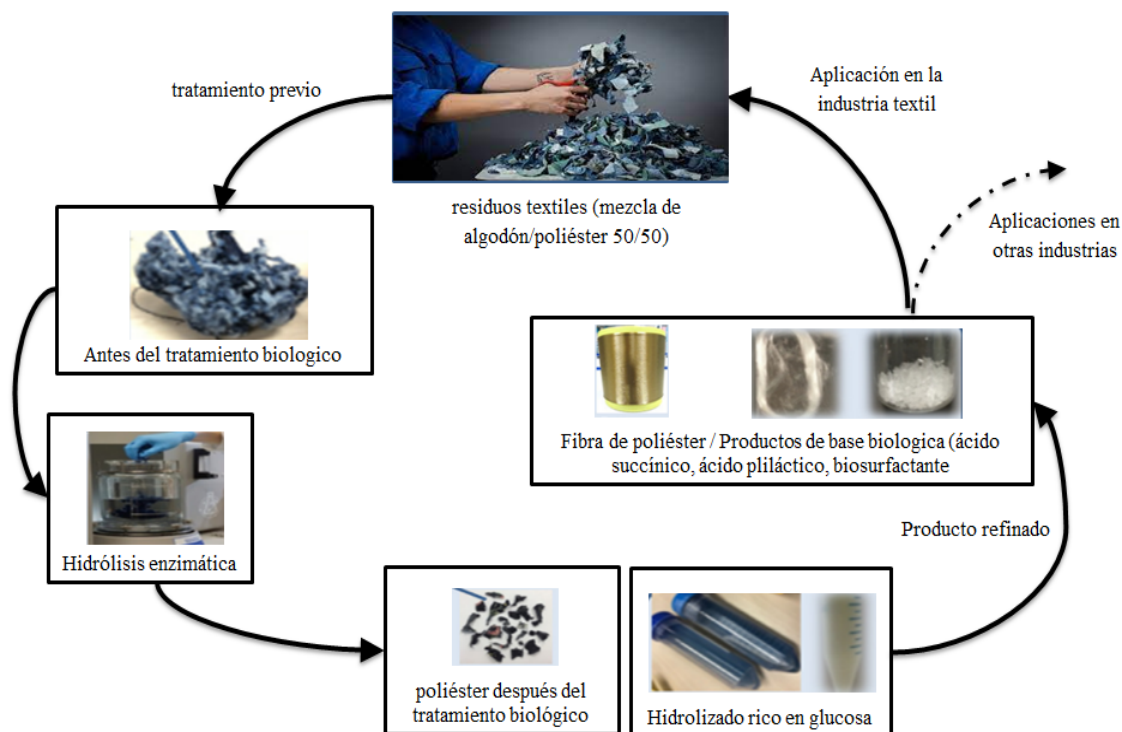


Figura 9. Ejemplo de un sistema de recuperación biológica

Fuente: Subramanian et al., 2020.

La figura 9 es el ejemplo real de un flujo del proceso del método de biorreciclaje para convertir el tejido de desecho de algodón y poliéster en fibra de PET y jarabe de glucosa. Para una mayor comprensión se explica a continuación:

El poliéster recuperado de la hidrólisis se vuelve a hilar en fibras de PET. Se necesita una tenacidad adecuada de la fibra para los procesos de tejido o de punto, lo que se consigue en tres pasos: granulación, polimerización en estado sólido e hilado en fusión. En primer lugar, el residuo de PET que se recupera de la hidrólisis que se lava, seca y se envía a la etapa de granulación para la formación de pellets. A continuación, se obtiene el pellet de poliéster tras el corte. El segundo paso, la polimerización en estado sólido, se lleva a cabo para aumentar el peso molecular de los pellets de poliéster recuperados. Los pellets recuperados se recogen después de

calentarlos a 230 °C durante 1800 minutos. Por último, se añaden virutas de botellas de PET a los gránulos de poliéster recuperados en el proceso de hilatura por fusión en una proporción de 80 - 20 para obtener fibras de PET adecuadas para su aplicación textil.

4.2 Caracterización de las Empresas de la Industria Textil de la Ciudad de Cúcuta, en el Manejo de Residuos Textiles de Poliéster Mediante la Aplicación de la Matriz MED, para la Gestión Eficiente de la Producción

4.2.1 Análisis sectorial. El sector textil en Colombia tiene la responsabilidad de convertir materia prima en bienes. La industria inicia como un emprendimiento familiar con talleres que manejaban escasa tecnología. El sector ha aportado en el avance de la economía, este se destaca por ser una guía en términos de desarrollo y en generación de puestos de trabajo. Logrando incrementar su participación en la producción agregada de la industria manufacturera con el pasar del tiempo. Para el año 2014 su participación fue 0,27% del PIB nacional y 2,17% del PIB manufacturero (Zuluaga, Cano & Montoya, 2018), asimismo ayuda al impulso de diversas industrias debido al manejo de la materia prima para desarrollar los productos como el uso de textiles, cueros y accesorios.

Para el año 2015, el sector textil no cumple las metas industriales planteadas, y si bien es cierto que se presentó una recuperación de tres puntos porcentuales para el año siguiente, en el año 2017 se desmoronaron los indicadores de producción por debajo de los índices del año 2015 con dos puntos (Moreno, Chang & Romero, 2018).

En el año 2018 se presenta una considerable recuperación con una consecución del 94% de objetivos cumplidos por Colombia Moda y se conjetura que como consecuencia de la elección presidencial a mitad del presente año, se incrementó la confianza industrial gracias al mejor uso

de la capacidad instalada para ese entonces (Campuzano & Roldán, 2020), por lo que cabe preponderar que durante cuatro años a la baja, en el 2018 hubo una considerable recuperación.

Una de las variables de mayor consideración en la afectación del sector, es posible encontrar el contrabando, la cual es el motivo fundamental del desplome de índices de producción textil, vinculados con un desestimulo de la demanda de productos nacionales, que desbocan en un decrecimiento, cuya recuperación no es posible observar hasta el año 2018, recuperación que aumentó para el primer trimestre del 2019 donde la producción textil subió un punto porcentual para inicios del siguiente año, a pesar de todo, el año 2019 no fue confortador, ya que el último semestre del año presentó reducción de la demanda textil, lo cual se traduce en mínimos índices productivos (Inexmoda, 2021).

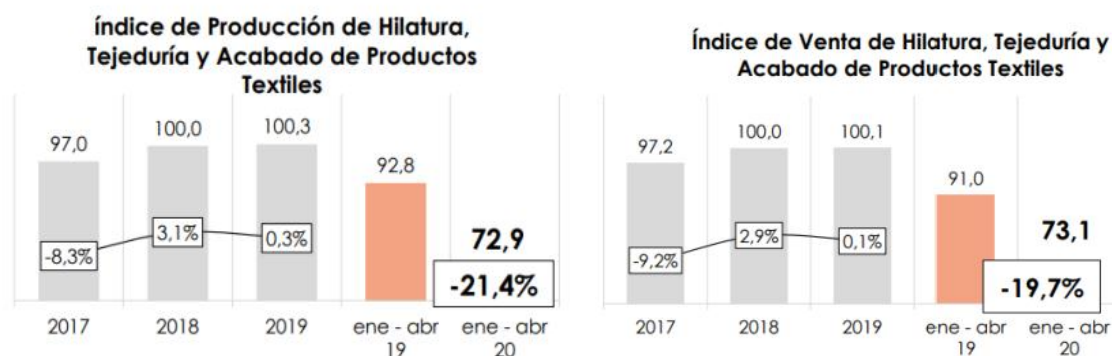


Figura 10. Serie de producción y venta textil 2020

Fuente: Inexmoda, 2021.

En cuanto a producción y venta de textiles las cifras son deprimentes, se perciben fuertes desplomes en comparación a los años transcurridos, esto debido a una reducción en la demanda de insumos para confecciones por el estancamiento que provocó la emergencia sanitaria en el ingreso, gasto per cápita y en los ingresos reduciendo poder adquisitivo, así como la reducción en

exportaciones (Inexmoda, 2021).



Figura 11. Exportaciones textiles

Fuente: Inexmoda, 2021.

Ahora bien, por el lado de las exportaciones, en el primer trimestre del 2020 el sector tuvo una reducción de doble dígito, no obstante, se conservan y es de aclarar que el vecino país Ecuador sigue siendo quien más demanda tiene representando el 23% de las exportaciones nacionales (Inexmoda, 2021).

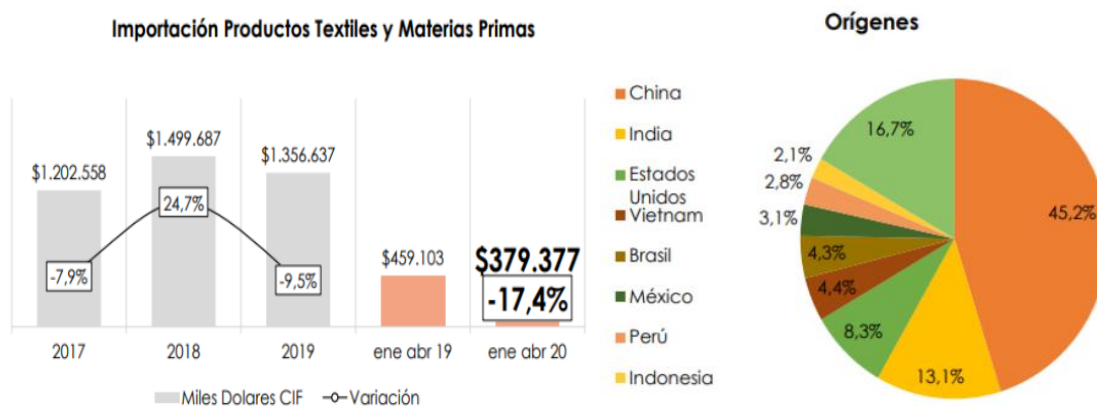


Figura 12. Importaciones textiles

Fuente: Inexmoda, 2021.

Por otro lado, las importaciones tampoco se han quedado atrás en la decaída, también se ha visto un decrecimiento, sin embargo, siguen superando en más del 200% a las exportaciones de textiles, teniendo como principal país importador a China de donde proviene casi la mitad de las importaciones textiles al país (Inexmoda, 2021).

Con este contexto del sector se identifican los motivos de decrecimiento, así como lapsos de tiempos en las que tuvo una recuperación en los indicadores, siendo de prevalecer la incidencia positiva de la digitalización en la comercialización y la incidencia negativa del contrabando en la industrial textil.

La minimización de la demanda ha forzado a la industria a iniciar un altercado por sostener su actividad con todas estas anomalías que la están inquietando, y haciendo más ardua este altercado con motivo a que el 78% de las empresas del sector son pymes y solo el 1% son grandes empresas (DANE, 2021), que logran de cierta manera sostener su permanencia en el mercado mucho mejor que las pymes.

4.2.2 Evidencia del instrumento: caracterización de la industria textil. Conforme al instrumento aplicado para capturar la información, se presenta una caracterización de las empresas de la industria textil de la ciudad de Cúcuta, por ende, la Cámara de Comercio de Cúcuta, indica que la ciudad tiene un total de 1704 empresas que conforman la industria textil (Camara de Comercio de Cúcuta, 2020), no obstante, al emplear el término para universos inferiores a cien mil elementos bajo distribución normal, se estableció una muestra de 235 elementos, con un nivel de confianza del 90%.

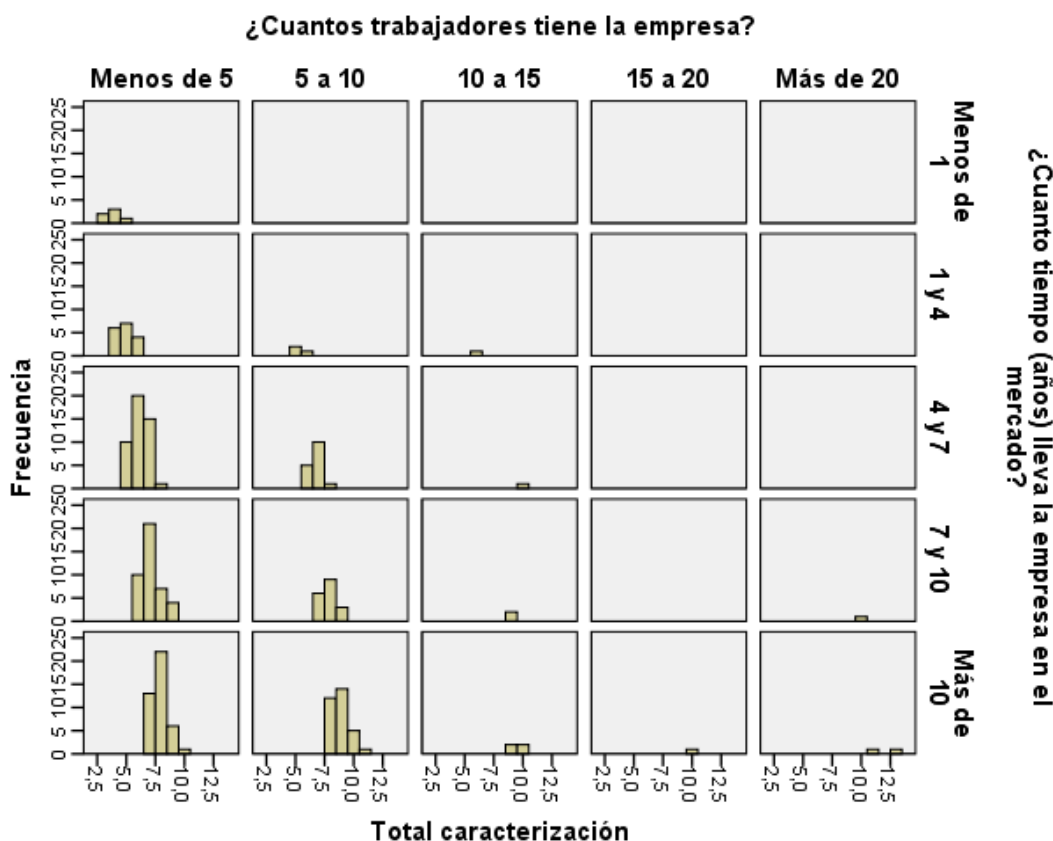


Figura 13. Histograma 1

El 95% de las empresas empleadas para la muestra son micro empresas, esto según lo designado en la Ley 905 de 2004 (Congreso de Colombia, 2021) que define el tamaño de las pyme como micro (menos de 10 trabajadores), pequeña (entre 11 y 50 trabajadores) y mediana (entre 51 y 200 trabajadores). Igualmente el 61% de ellas tiene más de siete años activos en el mercado, cuyos principales procesos industriales son: Confección (39%), hilatura y tejeduría (11%), fabricación de prendas de vestir (9%) y estampado (6%).

4.2.2.1 El reciclaje en la industria textil. Aplicada la herramienta a la muestra seleccionada, se obtienen algunos datos interesantes en cuanto a los residuos generados por la industria y su tratamiento posterior.

El 92% de las empresas utilizan textiles sintéticos principalmente porque tienen una mayor demanda y son más fáciles de adquirir.

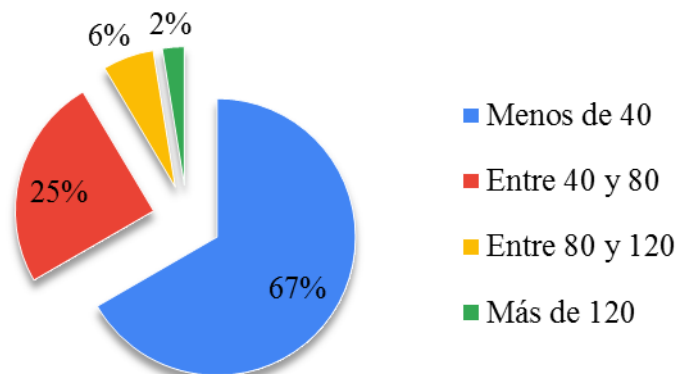


Figura 14. Cantidad de textiles usados por semana

El 67% de las empresas utiliza alrededor de 40 kilos o menos por semana, esto muy en relación con su tamaño y su capacidad productiva. Lo que genera que el 77% de ellas tenga el poliéster y el material particulado, como sus principales residuos textiles. No obstante, solo el 6% reutiliza permanentemente los residuos producto de la confección de textiles, con lo cual, gran parte de este residuo se desecha (42%) o se regala (23%).

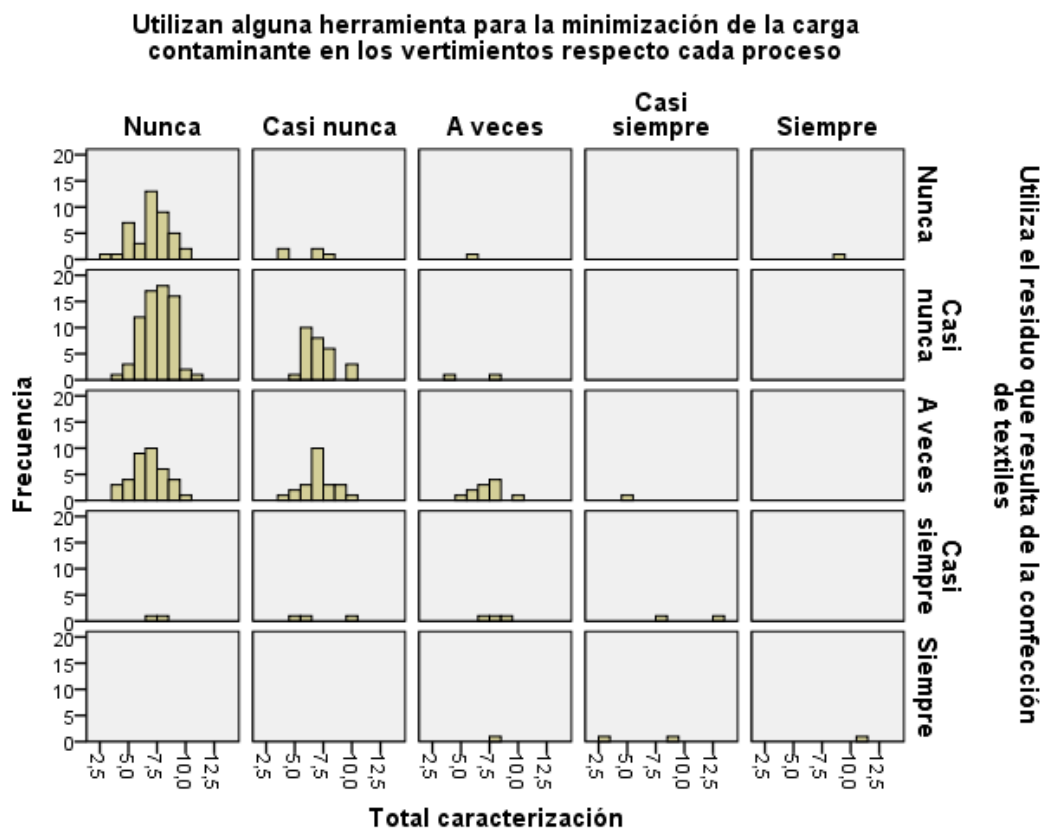


Figura 15. Histograma 2

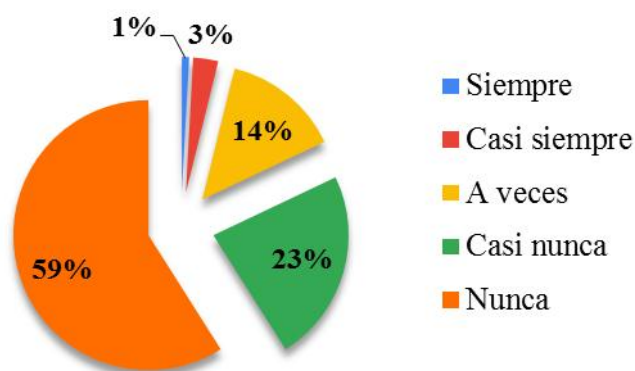


Figura 16. Conocimiento del costo de los desperdicios

El 82% de las empresas no tienen pleno conocimiento del costo de los desperdicios arrojados, por lo que en este mismo orden de ideas, solo un 5% realiza separación de los diferentes residuos

de materiales que usan. Sin embargo, el 89% generalmente considera importante el reciclaje textil y reutilizar los desperdicios arrojados en cada proceso, esto como una consideración mas no, como una acción. A pesar de esto, el 71% no conoce el impacto ambiental que ocasionan los desperdicios de cada proceso.

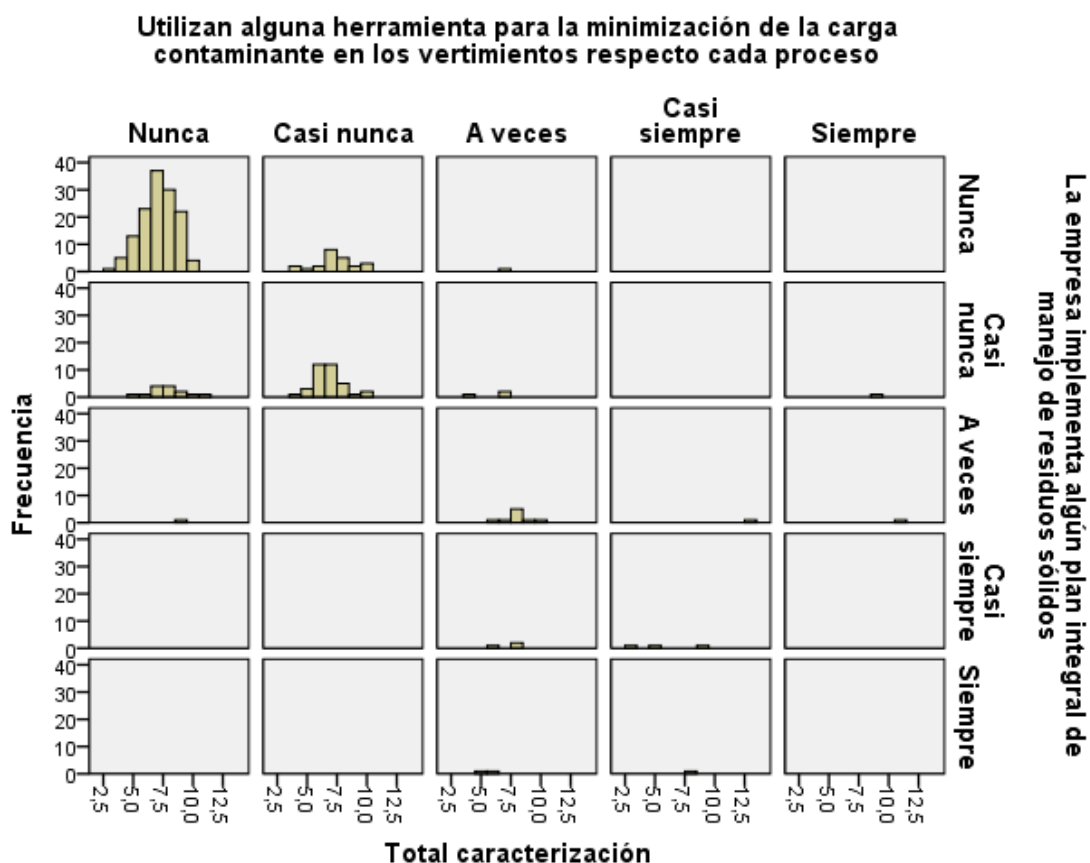


Figura 17. Histograma 3

159 empresas de la muestra argumentan que nunca han implementado un plan para el manejo eficiente de residuos, lo que define que solo un 7% sostiene capacitaciones contantes en cuanto a la separación de los residuos que se desechan. Asimismo, el 64% nunca ha utilizado alguna herramienta para la minimización de la carga contaminante en los vertimientos respecto a cada proceso, ni muchos menos tienen convenios con gestores o empresas de reciclaje (ajena a la

empresa de aseo municipal).

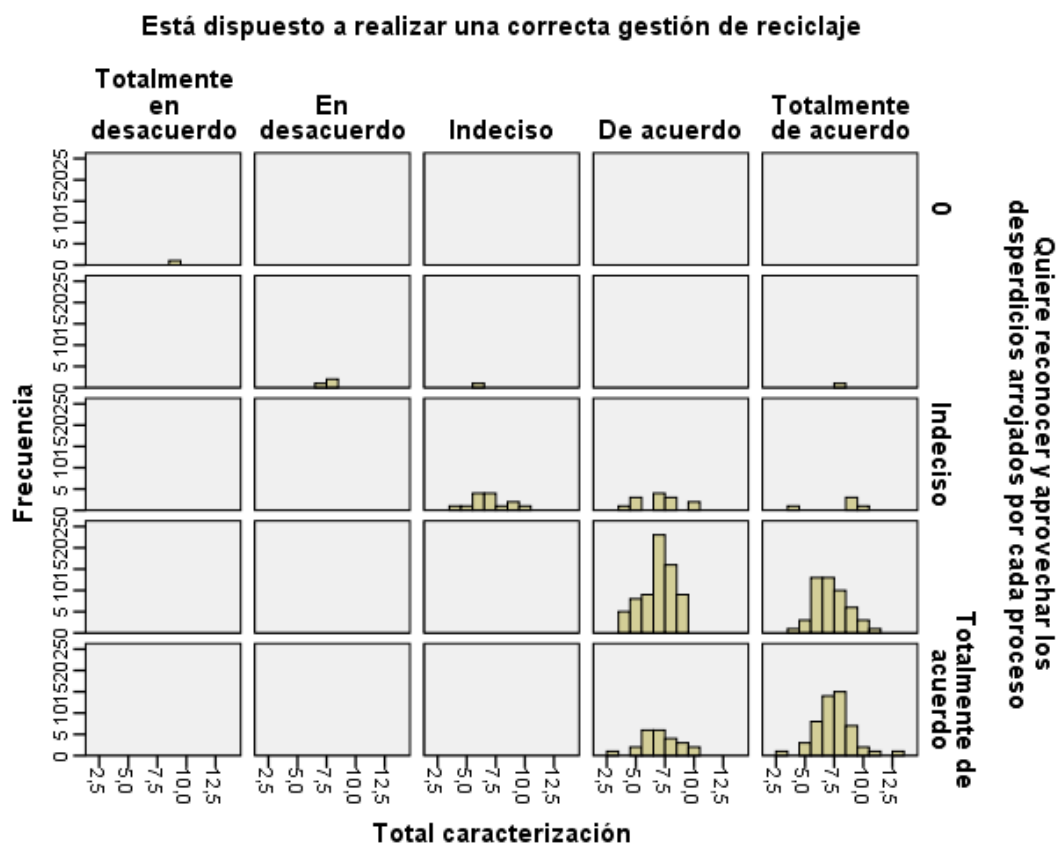


Figura 18. Histograma 4

4.2.2.2 Análisis de fiabilidad. El instrumento aplicado se construye a partir de las investigaciones de Beccarello & Di Foggia (2018); Castro (2018); Subramanian et al. (2020). Por tal efecto se aplica el modelo de confiabilidad, que a continuación se demuestran sus resultados.

El alfa de Cronbach es un índice cuya función es valorar la confiabilidad del tipo consistencia interna de una escala, se hace necesario su empleabilidad para valorar la dimensión en que los elementos de un instrumento están relacionados. Resumidamente, es el cociente medio de las correlaciones entre los elementos que forman un instrumento (Christmann & Van Aelst, 2006).

Tabla 4. Resumen del procesamiento de los datos

		N	%
Casos	Válidos	234	100,0
	Excluidos^a	0	,0
	Total	234	100,0

a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.

Tabla 5. Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,862	21

Como criterio general, se proponen las siguientes recomendaciones para valorar los coeficientes de alfa de Cronbach Gliem & Gliem (2003):

- Coeficiente alfa >0.9 es excelente.
- >0.8 bueno.
- >0.7 aceptable.
- >0.6 cuestionable.
- >0.5 pobre.
- <0.5 es inaceptable.

Tabla 6. Estadísticos total/elemento

Ítems	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
1	50,18	98,394	-,197	,094	,875
2	48,30	91,541	,154	,163	,868
3	50,69	92,034	,252	,383	,861
4	50,20	96,462	-,114	,434	,866
5	48,94	94,408	,026	,441	,872
6	49,75	88,481	,389	,339	,858
7	50,68	89,774	,411	,494	,857
8	49,88	83,531	,718	,697	,846
9	49,73	78,421	,544	,485	,854
10	49,96	82,367	,727	,731	,844
11	49,76	81,696	,733	,757	,844
12	50,48	84,869	,623	,583	,849
13	48,70	84,872	,606	,478	,849
14	47,73	89,725	,436	,408	,856
15	50,06	84,572	,546	,465	,851
16	47,99	88,790	,447	,506	,856
17	50,44	84,050	,683	,619	,847
18	50,62	86,392	,599	,669	,851
19	49,90	83,102	,647	,554	,847
20	50,66	86,174	,602	,670	,850
21	47,76	90,148	,398	,425	,857

4.2.2.3 Estadísticos descriptivos de los elementos. A continuación se presentan algunos datos de la estadística descriptiva que se aplicó a los 21 elementos del instrumento.

Tabla 7. Especificaciones de bootstrap

Método de muestreo	Simple
Número de muestras	1000
Nivel de intervalo de confianza	95,0%
Tipo de intervalo de confianza	Percentil

Tabla 8. Estadísticos descriptivos

Ítems	N	Media	Desv. típ.
1	234	1,94	,792
2	234	3,82	1,085
3	234	1,43	,703
4	234	1,92	,274
5	234	3,18	1,007
6	234	2,37	,905
7	234	1,44	,723
8	234	2,24	,885
9	234	2,39	1,564
10	234	2,16	,958
11	234	2,36	,998
12	234	1,64	,894
13	234	3,42	,915
14	234	4,39	,692
15	234	2,06	1,026
16	234	4,13	,776
17	234	1,68	,885
18	234	1,50	,798
19	234	2,22	1,002
20	234	1,46	,813
21	234	4,36	,699
N válido (según lista)	234		

4.2.2.4 Correlación de los ítems. Dada la herramienta aplicada se presentan los ítems utilizados, para que por consiguiente se realice una correlación entre los mismos bajo la metodología de Pearson:

Tabla 9. Lista de ítems

	Ítem
1	¿Cuál es su cargo dentro de la empresa?
2	¿Cuánto tiempo (años) lleva la empresa en el mercado?
3	¿Cuántos trabajadores tienen la empresa?
4	¿Qué tipo de textiles utiliza?
5	¿Por qué utiliza este tipo de textiles?
6	¿Por cuantos procesos pasa el textil para ser producto final?
7	¿Cuántos kilos de textiles usan semanalmente?
8	Utiliza el residuo que resulta de la confección de textiles
9	¿Para que utiliza el residuo de la confección de textiles?
10	Se realiza separación de los diferentes residuos de materiales que se usan
11	Reúsan alguno de los textiles que quedan de los procesos
12	Conoce usted el costo de los desperdicios arrojados en cada proceso
13	Considera importante reutilizar los desperdicios arrojados de cada proceso textil
14	Considera el reciclaje textil cómo:
15	Conoce el impacto ambiental que ocasionan los desperdicios de cada proceso
16	Quiere reconocer y aprovechar los desperdicios arrojados por cada proceso
17	Realiza algún convenio con algunos gestores o empresas de reciclaje (ajena a la empresa de aseo municipal) para el manejo de residuos
18	Utilizan alguna herramienta para la minimización de la carga contaminante en los vertimientos respecto cada proceso
19	Recibe algún tipo de capacitación en cuanto a la separación de los residuos que desecha
20	La empresa implementa algún plan integral de manejo de residuos sólidos
21	Está dispuesto a realizar una correcta gestión de reciclaje

La herramienta empleada se construyó mediante las investigaciones de Beccarello & Di Foggia (2018); Castro (2018); Subramanian et al. (2020).

En la siguiente página se muestran las correlaciones de todos los ítems a excepción del ítem número uno.

Tabla 10. Correlación de los ítems

Correlación																				
Ítems	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2	1	0,23	0,009	0,061	0,151	0,212	0,063	0,069	0,102	0,171	0,003	0,046	0,11	-0,029	0,124	0,079	0,016	0,174	0,016	0,14
3	0,23	1	-0,087	-0,012	0,235	0,57	0,125	0,067	0,17	0,133	0,193	0,081	0,045	0,143	0,096	0,211	0,195	0,068	0,164	0,184
4	0,009	-0,087	1	0,598	0,07	-0,12	-0,132	-0,126	-0,244	-0,112	-0,209	-0,172	-0,059	-0,135	-0,112	-0,071	-0,146	-0,045	-0,159	-0,094
5	0,061	-0,012	0,598	1	0,237	0,043	-0,044	-0,039	-0,079	0,037	-0,161	-0,035	0,029	-0,044	0,058	0,006	-0,017	0,067	-0,007	0,073
6	0,151	0,235	0,07	0,237	1	0,396	0,258	0,261	0,316	0,358	0,200	0,252	0,166	0,082	0,152	0,281	0,149	0,256	0,133	0,209
7	0,212	0,57	-0,12	0,043	0,396	1	0,209	0,207	0,366	0,239	0,311	0,211	0,108	0,259	0,135	0,288	0,257	0,126	0,307	0,201
8	0,063	0,125	-0,132	-0,044	0,258	0,209	1	0,636	0,718	0,751	0,512	0,533	0,359	0,424	0,349	0,491	0,454	0,502	0,406	0,298
9	0,069	0,067	-0,126	-0,039	0,261	0,207	0,636	1	0,502	0,61	0,406	0,357	0,300	0,293	0,316	0,365	0,279	0,400	0,287	0,249
10	0,102	0,17	-0,244	-0,079	0,316	0,366	0,718	0,502	1	0,759	0,616	0,515	0,312	0,514	0,238	0,567	0,493	0,473	0,493	0,220
11	0,171	0,133	-0,112	0,037	0,358	0,239	0,751	0,61	0,759	1	0,519	0,472	0,354	0,427	0,239	0,461	0,442	0,586	0,385	0,243
12	0,003	0,193	-0,209	-0,161	0,2	0,311	0,512	0,406	0,616	0,519	1	0,491	0,313	0,506	0,235	0,608	0,492	0,477	0,574	0,1
13	0,046	0,081	-0,172	-0,035	0,252	0,211	0,533	0,357	0,515	0,472	0,491	1	0,467	0,408	0,414	0,488	0,421	0,434	0,426	0,308
14	0,11	0,045	-0,059	0,029	0,166	0,108	0,359	0,300	0,312	0,354	0,313	0,467	1	0,275	0,45	0,335	0,117	0,28	0,236	0,367
15	-0,029	0,143	-0,135	-0,044	0,082	0,259	0,424	0,293	0,514	0,427	0,506	0,408	0,275	1	0,217	0,569	0,482	0,447	0,543	0,209
16	0,124	0,096	-0,112	0,058	0,152	0,135	0,349	0,316	0,238	0,239	0,235	0,414	0,45	0,217	1	0,266	0,297	0,384	0,314	0,588
17	0,079	0,211	-0,071	0,006	0,281	0,288	0,491	0,365	0,567	0,461	0,608	0,488	0,335	0,569	0,266	1	0,591	0,572	0,597	0,212
18	0,016	0,195	-0,146	-0,017	0,149	0,257	0,454	0,279	0,493	0,442	0,492	0,421	0,117	0,482	0,297	0,591	1	0,511	0,757	0,251
19	0,174	0,068	-0,045	0,067	0,256	0,126	0,502	0,400	0,473	0,586	0,477	0,434	0,28	0,447	0,384	0,572	0,511	1	0,450	0,305
20	0,016	0,164	-0,159	-0,007	0,133	0,307	0,406	0,287	0,493	0,385	0,574	0,426	0,236	0,543	0,314	0,597	0,757	0,450	1	0,206
21	0,142	0,184	-0,094	0,073	0,209	0,201	0,298	0,249	0,22	0,243	0,1	0,308	0,367	0,209	0,588	0,212	0,251	0,305	0,206	1

4.2.2.5 Correlación de sub-variables. La correlación entre conjuntos de datos es una medida de qué tan bien están relacionados. La medida más común de correlación en las estadísticas es la correlación de Pearson. El nombre completo es Correlación de momento del producto de Pearson (PPMC). Muestra la relación lineal entre dos conjuntos de datos. En términos simples, responde a la pregunta: ¿Puedo dibujar un gráfico lineal para representar los datos? (Adler & Parmryd, 2010).

Para la construcción de la sub-variable de disposición de eficiencia se toman en cuenta los ítems: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17 y 18. Y para la sub-variable de disposición de adaptación se emplearon los ítems: 13, 14, 15, 16, 19, 20 y 21.

Tabla 11. Correlación

		Disposición de eficiencia	Disposición de adaptación
Disposición de eficiencia	Correlación de Pearson	1	,726**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	234	234
Disposición de adaptación	Correlación de Pearson	,726**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	234	234

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

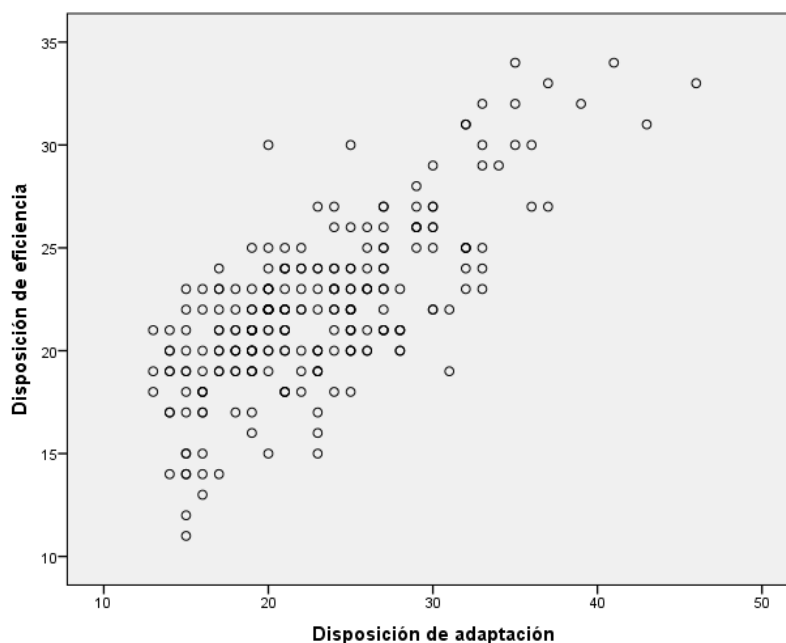


Figura 19. Modelo de Pearson

Dentro del instrumento empleado, se obtienen unas sub-variables necesarias para identificar de forma más llana la actitud de las empresas frente al gran tema de lo que a la economía circular corresponde, por ende, se plantea la sub-variable de “disposición de eficiencia” y “disposición de adaptación”.

Cuando las empresas deciden sostener una disposición plena a la adaptación de sistemas de reutilización y reciclaje, esto se ve reflejado como una clara relacional lineal positiva en la disposición de eficiencia. En otras palabras, a mayor adaptación hacia sistemas de economía circular mayor es la incidencia en la eficiencia de las empresas.

4.2.3 Matriz MED. La técnica de matriz MED (Materiales, Energía, Desechos) es una evaluación cualitativa de los impactos ambientales de un producto a lo largo de su ciclo de vida (Lechuga, Rodríguez & Lloveras, 2007). En este caso se toma como referencia un producto de indumentaria femenina y masculina, los jeans, ya que son grandes generadores de residuos de

poliéster, debido a su composición.

Tabla 12. Matriz MED

	Recursos Materiales	Recursos Energéticos	Emisiones Tóxicas
Pre-producción: Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Polyester (916g) • Spandex (706g) • Acrílico (864gsm) • Zamac (20) • Vislón (resina acetal) (17g) • Polipropileno (17g) • Resina líquida (13g) • Cobre con sulfato de cobre (5g) • Latón (cobre y zinc) (2g) • Aditivos para endurecer (2g) • Acero templado (2g) • Algodón (0, 5g) • Níquel (0,5g) • Bronce • empavonado (0,5g) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto contenido de energía en algunos materiales • Transporte de materiales: combustibles fósiles para transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones del transporte: CO, CO2, HC, NO, NO2. • -Residuos de embalaje • -Emisiones debidas al ennoblecimiento: disolventes, colorantes tensidas/ detergentes hidrosolubles, metales pesados, compuestos orgánicos halogenados
Proceso productivo	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales auxiliares (máquina de coser, plancha, desengrasantes y lubricantes para las máquinas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía máquina coser y planchado 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones máquina coser y planchado (CO, CO2, HC, NO, NO2) • Restos de lubricantes y desengrasantes para las máquinas • Recortes y rechazos
Distribución, transporte y embalaje	<ul style="list-style-type: none"> • Poliéster • Embalajes del producto (bolsa de Polipropileno 0,5 g y cartón 100 g) • Cartón para re-embalaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Combustible para transporte (camiones, autos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de transporte: CO, CO2, HC, NO, NO2. • Resto de embalajes • Bolsa de polipropileno (reciclable) (0,5 g) • Cartón (reciclable) (100g)
Utilización	<ul style="list-style-type: none"> • Productos de limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua para limpieza • Consumo de energía 	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas residuales de limpieza • Emisiones derivadas del consumo de energía (CO2)
Des-uso	<ul style="list-style-type: none"> • No utiliza 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección, transporte y tratamiento de los residuos 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales compuestos con tiempos de degradación diferente

- Impacto ambiental negativo alto: morado.
- Impacto ambiental negativo medio: naranja.
- Impacto ambiental negativo bajo: azul.

Los resultados de la matriz expresan que la mayor intensidad de los impactos negativos se da antes del proceso productivo, sobre todo en el desarrollo de la materia prima. Tanto en la producción del algodón como en el de los metales que, en pequeñas cantidades, forman parte de la prenda, se producen incidencias muy fundamentales en producción de la materia prima. Estas incidencias además son grandes no sólo en el balance con otros de la producción de la prenda, sino en relación con todas las incidencias generadas por el hombre en la tierra: Las emisiones de carbono de la producción de algodón ascienden a alrededor de 220 millones de toneladas métricas al año. El algodón regular utiliza una cantidad considerable de fertilizantes sintéticos, que liberan óxido nitroso a la atmósfera. El óxido nitroso es un poderoso gas de efecto invernadero que es 310 veces más potente que el dióxido de carbono (Esteve-Turrillas & de la Guardia, 2017). Asimismo, la minería es uno de las actividades más impactantes sobre el consumo de agua.

No obstante, el algodón, en relación con otras materias primas, representa ciertas ventajas, ya que el algodón se trata de un material renovable y biodegradable, que no produce contaminación al incinerarse y es un material popular en la industria textil siendo esta la fibra natural más utilizada para fabricar telas. Representa el 33% de todas las fibras utilizadas en textiles y es uno de los principales cultivos comerciales del mundo. Sin embargo, los grandes perjuicios son el excesivo manejo de químicos para incrementar su rendimiento, así como el uso de hidrocarburos para la maquinaria agrícola (Morse, Bennett & Ismael, 2006).

4.3 Rutas Estratégicas, Basadas en Economía circular, para la Gestión Eficiente de los Residuos Textiles de Poliéster

En todo el mundo se generan millones de toneladas de residuos textiles anualmente; la cantidad de residuos cambia de una región a otra dependiendo de la cultura, la densidad de población, el estilo de vida, la moda y los ingresos. Por ejemplo, la cantidad anual de residuos textiles en China, Estados Unidos y Reino Unido, se estima en 26, 15.1, 1.7 millones de toneladas, lo que representa alrededor del 6% de la generación total de residuos sólidos municipales (Shirvanimoghaddam, Motamed, Ramakrishna & Naebe, 2020). Esta enorme cantidad de residuos se traduce en la generación del 3% del total de emisiones de gases de efecto invernadero.

4.3.1 Tecnología verde sostenible para la recuperación de fibras de algodón y poliéster a partir de residuos textiles. Según Nayak, Houshyar, Patnaik, Nguyen, Shanks, Padhye & Fegusson (2020), hay muchos tipos de residuos textiles y cada tipo tiene una estructura diferente, por lo que habría sido difícil diseñar rutas estratégicas para todos los tipos en el ámbito de un estudio (Nayak et al., 2020). Por lo tanto, se seleccionó los residuos de jeans como objeto de diseño de una ruta estratégica debido a que la industria de los jeans consume más del 20% del algodón producido a nivel mundial y son, por consiguiente, ricos en algodón (Foundation Ellen MacArthur, 2013).

Esta estrategia se diseña a partir de dos tipos de residuos de jeans en función del color de los tintes textiles, en particular el azul y el negro (dos colores comunes). Según las especificaciones generales de la etiqueta de la prenda, las muestras azules contienen 80/20 de algodón/poliéster (en su gran mayoría), mientras que las negras son 100% algodón.

Este proceso inicia lavando y enjuagando con agua y jabón para eliminar cualquier contaminación, además se deja secando por completo a temperatura ambiente. Las muestras secas se cortan en pequeños trozos cuadrados (100 mm^2) para que estén listas para el proceso de separación. Cabe mencionar que no existe una norma para molienda de residuos textiles.

Las muestras que se seleccionen se cortan en trozos de un tamaño específico debido a cuatro razones: a) para disminuir el volumen total de los residuos en relación con su peso, b) para facilitar la introducción de los residuos en la cámara de reacción c) para aumentar la superficie de contacto entre los residuos y el disolvente, acelerando así la penetración del disolvente de hidrofilia conmutable y d) aumentar la eficacia de las ondas sonoras aplicadas para romper más rápidamente los enlaces en el interior de la matriz.

4.3.1.1 Procedimiento de separación de residuos de jeans. La tecnología parte de un proceso de lixiviación para eliminar los tintes textiles, seguido de un tratamiento de disolución asistido por ultrasonidos para disolver el poliéster y liberar las fibras de algodón. Todos los pasos de separación se presentan en la figura 20.

4.3.1.2 Lixiviación de tintes textiles. Para seleccionar los medios de lixiviación según la literatura, el ácido nítrico (HNO_3) y el ácido sulfúrico (H_2SO_4) son ampliamente utilizados para este fin debido a su eficiencia y beneficios económicos (Enes & Kipöz, 2020). Por lo tanto, algunos experimentos preliminares de lixiviación se realizaron utilizando estos ácidos (HNO_3 y H_2SO_4). Los resultados mostraron que ambos podían disolver las capas de recubrimiento del tinte textil en los jeans. Sin embargo, el H_2SO_4 afectó y solubilizó todos los componentes de los residuos textiles, dificultando su separación, mientras que el HNO_3 lixivió sólo los tintes textiles.

Dicho lo anterior, se aconseja la selección del HNO₃ para eliminar los tintes del tejido. Basándose en los resultados de Enes & Kipöz (2020) se concluye que deben evitarse las altas concentraciones de HNO₃ (>68,4%) ya que la acumulación de la pseudoforma de ácido nítrico (HOeNO₂) característica de las altas concentraciones de HNO₃ puede causar la nitración de la celulosa (Enes & Kipöz, 2020); como resultado de este proceso, la mezcla de celulosa, los nuevos compuestos de ácido nítrico-celulosa, poliéster y tintes es sido muy difícil de separar. Para lixiviar sólo los colorantes textiles, se recomienda un breve tratamiento con HNO₃ con una concentración <60% a temperatura moderada.

El proceso de lixiviación se debe realizar bajo efecto de varias concentraciones 1.0 M o 6.3% de HNO₃ suficiente para disolver y eliminar los tintes textiles del jean azul después de 15 minutos. Al mismo tiempo, las condiciones óptimas de lixiviación para el jean negro son de 1,5 M de HNO₃ durante 20 min.

4.3.1.3 Regeneración de ácidos. Para que mejore aún más la sostenibilidad de la tecnología, se aconseja regenerar el ácido gastado. En la bibliografía, la mayoría de los estudios se centran en la extracción de fibras de poliéster y algodón a partir de residuos textiles, mientras que los componentes de los tintes se descuidan y suelen eliminarse en las aguas residuales, lo que hace que se mezclen con el agua de estanques y ríos que se utiliza habitualmente. Se ha informado de que esta contaminación puede causar graves daños a los seres humanos y a otros organismos vivos debido a la toxicidad y a las propiedades mutagénicas de los contaminantes (Haslinger, Hummel, Anghelescu, Määttänen & Sixta, 2019). Aunque no hubo estudios con respecto a la eliminación directa de los tintes de los residuos textiles, se desarrollaron muchas técnicas para la eliminación eficiente de los tintes para las necesidades de la industria textil, por ejemplo, la adsorción, la ozonización, la separación por membrana, la oxidación-reducción química, la

catálisis, etcétera (Haslinger et al., 2019). Entre estos métodos, la adsorción mediante carbón activado proporciona alta eficiencia y rendimiento económico. Por lo tanto, para el diseño de esta ruta estratégica, el carbón activado se recomienda emplear para absorber los colorantes de la solución de lixiviación con una proporción de 50 mL (ácido): 20 mg (carbón activado).

4.3.1.4 Extracción de poliéster y regeneración de disolventes/ácidos. Para recuperar la parte polimérica (poliéster) de la solución de DHC (Disolventes de hidrofilia conmutable) y al mismo tiempo regenerar el DHC, se añade el doble de volumen de agua destilada a la solución de poliéster/DHC, seguida de un enfriamiento en un baño de hielo con CO₂ ambiental durante 1 hora. Después se filtra para extraer la parte polimérica solidificada, mientras que la solución restante se calienta durante la noche a 45°C para eliminar el CO₂ y cambiar la forma del disolvente al estado hidrofóbico original. Para cerrar el círculo de materiales de la tecnología desarrollada, el carbón activado se utiliza para absorber los colorantes de los ácidos gastados y regenerarlos. Por último, al final del tratamiento, se obtienen dos materias primas secundarias (fibra de algodón y poliéster) con diferentes propiedades morfológicas y químicas (Yousef, Tatariants, Tichonovas, Kliucininkas, Lukosiute & Yan, 2020).

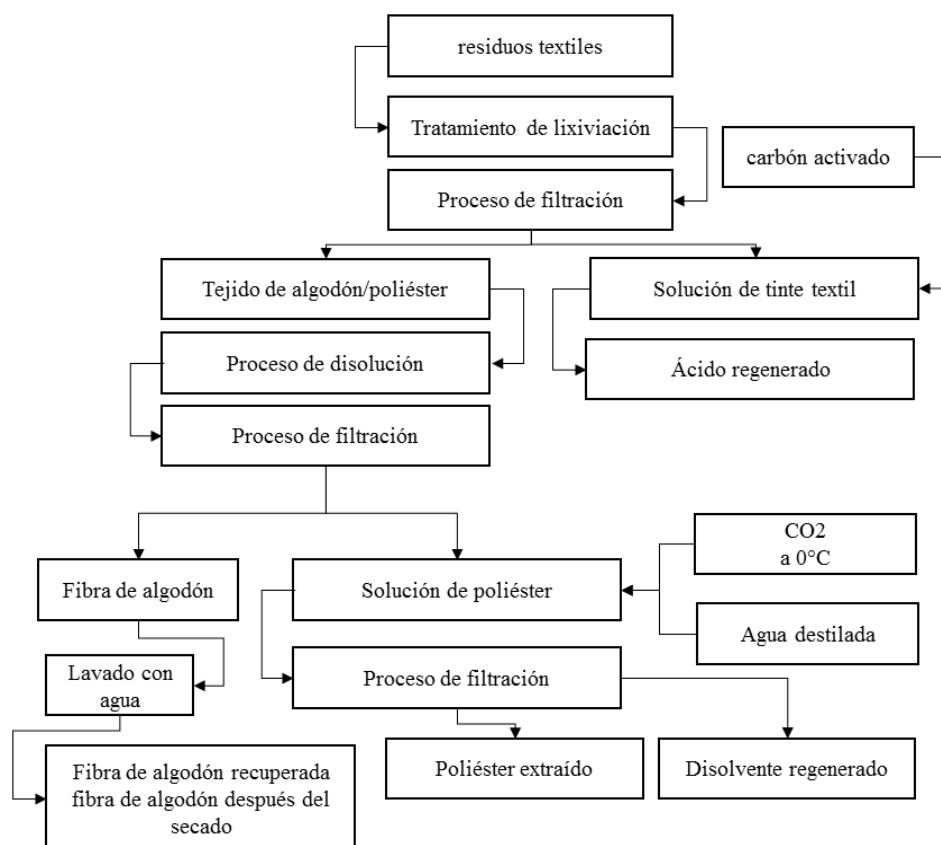


Figura 20. Diagrama de flujo, separación de los residuos de jeans

Este proceso, diseñado como una ruta estratégica fundamentado en los principios de economía circular permite que la fibra de algodón y el poliéster sean recuperados, parcialmente, mediante una tecnología química sostenible integrada. Por eso, se utiliza ácido para eliminar los tintes textiles de la tela; el ácido que se gasta se trata con carbón activado para regenerar el ácido con una concentración similar a la del original (83%). original (83%). Por ende, se lleva a cabo un proceso de disolución en verde utilizando disolver el poliéster del tejido tratado y liberar la fibra de algodón con alta pureza y estabilidad térmica. El poliéster se extrae de la solución cambiando la hidrofilia del disolvente, disminuyendo así el consumo de energía y la degradación del poliéster en comparación con los disolventes tradicionales. Según el enfoque de la teoría investigada, las fibras de algodón y el poliéster representan el 84 y el 16% en peso del tejido,

mientras que la tasa de reciclaje de la tecnología es $>96\%$. Por otro lado, la literatura basado en este tipo de experimentos, permite demostrar que el rendimiento económico puede llegar a representar hasta 1.629 \$/tonelada de residuos y la reducción de la huella de carbono en 1.440 kg de CO₂-eq/t de residuos (Yousef et al., 2020). En base a esto, la estrategia planteada puede ser un enfoque prometedor para el reciclaje de residuos textiles con altos rendimientos y múltiples ventajas sobre los métodos tradicionalmente utilizados.

4.3.2 Reciclaje de textiles: Hacer que las fibras vuelvan al bucle circular. Las fibras constituyen casi el 98% de la ropa terminada. El 73% de fibras utilizadas en la ropa termina ya sea en un vertedero o un incinerador con sólo el 12% reciclado (Mäkelä, Rissanen & Sixta, 2020). Las fibras son pequeñas y están expuestas a procesos bruscos durante el reciclaje que dañan su calidad, por lo que solo el 1% de las fibras recicladas se pueden utilizar nuevamente en la ropa. La mayoría de las fibras recicladas solo se pueden usar en otras funciones como paños de limpieza, alfombras, relleno de colchones y funciones relacionadas, lo que en sí mismo es un desafío ya que se pierde la calidad (Mäkelä et al., 2020). Sin embargo, como solución, las fibras nuevas se pueden mezclar fácilmente con fibras recicladas viejas para lograr el equilibrio adecuado entre calidad y sostenibilidad. En el caso de los sintéticos, como el poliéster, las fibras pueden descomponerse químicamente en sus bloques de construcción químicos y luego fundirse e hilarse en nuevas fibras con propiedades exactamente similares a las de las nuevas fibras vírgenes que ingresan al bucle circular. Esta estrategia tiene dos desafíos principales: (1) clasificación y (2) economía. Desde el punto de vista económico, el reciclaje de fibras químicas ha demostrado ser caro, lo que da como resultado fibras que son mucho más caras que las nuevas fibras vírgenes. La clasificación es un desafío porque la ropa generalmente está hecha de mezclas, digamos fibras naturales y sintéticas o mezclas sintéticas / sintéticas con diferentes

propiedades que pueden ser difíciles de separar para romper las fibras individuales en sus componentes químicos. En una nota extendida, la mezcla de textiles puede ocurrir a nivel de fibra, nivel de hilo y nivel de tela. Estos diferentes niveles plantean al departamento de reciclaje nuevas estrategias para efectuar la clasificación antes del reciclaje. Algunos desafíos de clasificación se pueden resolver de manera innovadora, como se describe en los siguientes párrafos. En general, es simplista afirmar que la ropa es fácil de reciclar. El caso es que la ropa es compleja de reciclar (Guo et al., 2021). En este sentido, los químicos, los científicos ambientales, los tecnólogos textiles y los formuladores de políticas deben pensar de manera innovadora en varios enfoques realistas para superar los desafíos involucrados con el reciclaje.

4.3.2.1 La clasificación como uno de los desafíos clave. La clasificación de los desafíos clave se muestra a continuación:

Etiquetas de identificación por radiofrecuencia (EIRF). Se puede utilizar para clasificar la ropa a nivel de tejido. Se agregan a los dobladillos de la tela durante la producción de la prenda y son capaces de permanecer activos durante todo el proceso de uso de la ropa. La clasificación con la ayuda de etiquetas EIRF utiliza el mismo enfoque empleado por los sensores infrarrojos para los sistemas automatizados en las industrias de clasificación de plástico. Más allá de las capacidades de clasificación, con etiquetas EIRF, el fabricante puede rastrear la ropa dentro y fuera de la tienda y son fuentes de datos masivos para el fabricante para monitorear el uso del producto y la recolección posterior después del uso. Para los clientes, facilitan el auto-pago rápido en las tiendas y son capaces de comunicarse con lavadoras inteligentes para configuraciones de lavado óptimas. Sin embargo, muchos clientes se preocupan por la privacidad y la salud con la tecnología (Chen et al., 2021).



Figura 21. Etiquetas de identificación por radiofrecuencia

Fuente: Chen et al., 2021.

- Derecha: Etiqueta de ropa con EIRF incorporado. La clasificación de fibras e hilos se puede realizar utilizando técnicas de disolventes físicos y químicos.
- Clasificación de fibras y tejidos antes del reciclaje. Izquierda: hilo EIRF que se puede tejer en las costuras de las prendas que luego se pueden emplear durante el proceso de clasificación de la tela.

Tecnologías solventes. A nivel de fibra e hilo, las etiquetas EIRF no se pueden emplear para clasificar materiales, sino tecnologías solventes se puede emplear fácilmente. Las tecnologías de disolventes se pueden subdividir en dos de la siguiente manera: (1) disolver lo soluble y permanecer con lo insoluble y (2) calentamiento a alta temperatura que disuelve una fibra y deja la otra fibra como sólida. El enfoque anterior se basa en que un material puede disolverse y otros no. Por ejemplo, las fibras de algodón / poliéster en telas se pueden clasificar disolviendo la celulosa de algodón en un solvente y luego dejando atrás el poliéster. La celulosa disuelta se puede utilizar para fabricar nuevas fibras sintéticas con fuentes naturales recicladas como en el caso de las fibras de Lyocell, Rayón, Cupro y Acetato. Además, si la calidad no es excelente, se

puede utilizar para hacer pulpa y papel. Estos enfoques son sostenibles y la columna vertebral de la economía circular. Por otra parte, el último enfoque depende de la diferencia de temperatura de fusión (diferencia más alta) de las fibras a clasificar. Por ejemplo, las fibras A / B se pueden clasificar hinchando primero las dos fibras a altas temperaturas para liberar las moléculas de colorante orgánico y otros contaminantes. A una temperatura específica, “A” comenzará a derretirse, pero “B” permanecerá como un sólido. Que luego se filtran para su separación y se proceden a reciclar (Mäkelä et al., 2020). La ampliación de estas tecnologías sigue siendo un desafío, pero son soluciones clave para evitar una economía lineal de textiles.

Bio-clasificación. Este concepto intenta utilizar organismos vivos o enzimas para consumir parte de las fibras y dejar atrás la otra. Más allá de la bio-clasificación, es posible el bio-reciclaje en el que las enzimas despolimerizan las fibras textiles de desecho en sus monómeros originales (Trajković, Jordeva, Tomovska & Zafirova, 2017). En este enfoque, se puede omitir la clasificación, lo que reduce los costos generales.

Reutilización de la ropa. La reutilización y el reciclaje de la ropa son actividades esenciales para facilitar una economía circular. Algunos países (como Alemania) tienen altos niveles de recogida de textiles para la reutilización con una melódía de 75% de los textiles (Zamani, Svanström, Peters & Rydberg, 2014), que normalmente se exportan a países de bajo desarrollo para un uso prolongado. Sin embargo, en los países donde se exporta ropa de segunda mano, no existen infraestructuras de recolección similares y, por lo tanto, la ropa usada terminará en vertederos (Yu, Wang & Zhang, 2018). Todo el sistema es como delegación de responsabilidad a una sociedad incompetente, que a su vez es una preocupación ambiental. Una de las soluciones es reutilizar la ropa para nuevos usos.

Reventa y alquiler. Se estimó que se podrían agregar \$460 mil millones a los bolsillos de los consumidores de ropa anualmente si decidieran no tirar su ropa en los contenedores (Zamani et al., 2014). En promedio, los consumidores descartan sus textiles después de solo siete a diez usos (Subramanian et al., 2020). Mediante el enfoque de reventa y alquiler se puede extender el uso de los textiles, lo que puede reducir el impacto ambiental de los mismos. Sin embargo, decirles a las personas que compren menos y usen lo que sí compran con más frecuencia no parece ser un enfoque viable debido a las diferentes necesidades psicológicas y sociales de las personas. Se necesita un mayor esfuerzo para hacer esto realidad a través de varios programas de enseñanza y aprendizaje ambientales. Además, con el programa de reventa y alquiler capaz de agregar algunos dólares a los bolsillos de los clientes, la tasa de éxito es relativamente alta.

5. Conclusiones

Las ambiciones de la nueva economía circular apuntan a reinventar y doblar la economía lineal hacia enfoques más sostenibles. Esto se puede centrar en cuatro partes principales de la rueda del sistema de vestimenta de la siguiente manera; (1) materiales, (2) producción, (3) uso y (4) después del uso. En todos los apartados, la enorme innovación es primordial dado que la industria textil es una industria antigua cuyos procesos difícilmente pueden cambiarse que pueden tener lugar en forma de; (1) eliminación gradual de sustancias preocupantes y liberación de microfibras, (2) aumento de la utilización de la ropa, (3) mejora del reciclaje y (4) uso eficaz de los recursos y migración a insumos renovables.

Se concluye que gracias al instrumento aplicado, el 92% de las empresas utilizan textiles sintéticos principalmente porque tienen una mayor demanda y son más fáciles de adquirir. El 67% de las empresas utiliza alrededor de 40 kilos o menos por semana, esto muy en relación con su tamaño y su capacidad productiva. Lo que genera que el 77% de ellas tenga el poliéster y el material particulado, como sus principales residuos textiles. No obstante, solo el 6% reutiliza permanentemente los residuos producto de la confección de textiles, con lo cual, gran parte de este residuo se desecha (42%) o se regala (23%). El 82% de las empresas no tienen pleno conocimiento del costo de los desperdicios arrojados, por lo que en este mismo orden de ideas, solo un 5% realiza separación de los diferentes residuos de materiales que usan. Sin embargo, el 89% generalmente considera importante el reciclaje textil y reutilizar los desperdicios arrojados en cada proceso, esto como una consideración mas no, como una acción. A pesar de esto, el 71% no conoce el impacto ambiental que ocasionan los desperdicios de cada proceso.

Por otro lado, las rutas estratégicas diseñadas van enfocadas en múltiples direcciones, ya que se fundamentan en el procesamiento de materiales químicos, lo que equivale un mayor grado de conocimiento científico. Y por otro lado, se fundamentan también en la eficiencia de gestión de residuos, desde una perspectiva más integral, sin la necesidad de conocimientos técnicos y/o científicos.

Referencias Bibliográficas

- Adler, J. & Parmryd, I. (2010). Quantifying colocalization by correlation: the Pearson correlation coefficient is superior to the Mander's overlap coefficient. *Cytometry Part A*, 77(8), 733-742. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.20896>.
- Bakker, C., Wang, F., Huisman, J. & den Hollander, M. (2014). Products that go round: exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, 69(2), 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.028>.
- Balanay, R. & Halog, A. (2019). 3 - Tools for circular economy: Review and some potential applications for the Philippine textile industry. *Circular Economy in Textiles and Apparel*, 49-75. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102630-4.00003-0>.
- Bayus, B. (1994). Are Product Life Cycles Really Getting Shorter? *Journal of Product Innovation Management*, 11(4), 300-308. [https://doi.org/10.1016/0737-6782\(94\)90085-X](https://doi.org/10.1016/0737-6782(94)90085-X).
- Beccarello, M. & Di Foggia, G. (2018). Moving towards a circular economy: economic impacts of higher material recycling targets. *materials today proceedings*, 5(1), 531-543 <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.115>.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Madrid: Shalom.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Pearson Educación.
- Bocken, N., De Pauw, I., Bakker, C. & Van, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308-320 <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>.

- Cámara Colombiana de la Confección y Afines. (2020). *El sector industrial del sistema moda en Norte de Santander sigue siendo el más representativo*. Recuperado de:
<http://ccca.com.co/norte-santander-apuesta-fortalecer-industria-moda/>
- Camara de Comercio de Cúcuta. (2020). *Tejido empresarial. Estudio económico*. Recuperado de:
https://www.cccucuta.org.co/media/estudio_tejido_empresarial.pdf
- Campuzano, M. & Roldán, J. (2020). *Modelo para la estimación del riesgo de crédito y la asignación de cupos en la cartera de una empresa del sector textil en Colombia*. Tesis de grado. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.
- Cárdenas, H. (2019). *Riesgos ambientales y sociales en el sector textil*. Recuperado de:
<https://www.asobancaria.com/documentos/biblioteca-de-innovacion-financiera/Riesgos%20Ambientales%20y%20Sociales%20Sector%20Textil.pdf>
- Carrera, E. (2017). Los retos sostenibilistas del sector textil. *Revista de Química e Industria Textil*, 4(220), 20-32. <http://hdl.handle.net/2117/103614>.
- Castro, V. (2018). *Manejo de residuos sólidos del sector textil en Colombia basado en el modelo de economía circular*. Tesis de grado. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.
- Chen, X., Memon, H., Wang, Y., Marriam, I. & Tebyetekerwa, M. (2021). Economía circular y sostenibilidad de la industria textil y de la confección. *Materials Circular Economy*, 3(12), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00026-2>.
- Christmann, A. & Van, S. (2006). Robust estimation of Cronbach's alpha. *Journal of Multivariate Analysis*, 97(7), 1660-1674. <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2005.05.012>.

- Clift, R. & Druckman, A. (2016). *Taking Stock of Industrial Ecology*. Guilford: Springer Open.
- Coneo, M. (2020). La oferta de moda ambientalmente sostenible de marcas nacionales e internacionales. *La República*. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/ocio/la-oferta-de-moda-ambientalmente-sostenible-de-marcas-nacionales-e-internacionales-3039545>
- Congreso de Colombia. (2021). *Ley 905 de 2004. Por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 sobre promoción del desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Diario Oficial No. 45.628.
- Dahibo, H., Aalto, K., Eskelinen, H. & Salmenpera, H. (2017). Increasing textile circulation Consequences and requirements. *Sustainable Production and Consumption*, 9(2), 44-57. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2016.06.005>.
- De Oliveira, G., Ferreria, J., Silva, P., De Oliveira, A. & Lucato, W. (2019). Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 228(10), 1514-1525. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.334>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2020). *Segundo reporte de Economía Circular*. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/ambientales/economia-circular>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2021). *Sistema de indicadores ambientales, de sostenibilidad y economía circular*. Recuperado de: <https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/sistema-indicadores-ambientales-sostenibilidad-economia-circular-dane-colombia.pdf>

Desore, A. & Narula, S. (2018). An overview on corporate response towards sustainability issues in textile industry. *Environment, Development and Sustainability*, 20(2), 1439-1459.
<https://doi.org/10.1007/s10668-017-9949-1>.

Elliot, J. (2017). *An Introduction to Sustainable Development*. London: Routledge, Taylor & Francis Group.

Enes, E. & Kipöz, Ş. (2020). The role of fabric usage for minimization of cut-and-sew waste within the apparel production line: Case of a summer dress. *Journal of Cleaner Production*, 248(1), 119221. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119221>.

Escobar, M., Espinosa, E. & López, N. (2019). *¿Cómo implementar un modelo de economía circular en el Valle de Aburrá?*. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Medellin, Colombia.

Esteve, F. & De la Guardia, M. (2017). Environmental impact of Recover cotton in textile industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 116(2), 107-115.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.034>.

Filho, W., Ellams, D., Han, S., Tyler, D., Boiten, V., Paco, A., et al., (2019). A review of the socio-economic advantages of textile recycling. *Journal of Cleaner Production*, 218(4), 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.210>.

Foundation Ellen MacArthur. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 23-44. Recuperado de:
https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport_McKinsey-Towards_A_Circular_Economy.pdf.

- Franco, M. (2017). Circular economy at the micro level: A dynamic view of incumbents' struggles and challenges in the textile industry. *Journal of Cleaner Production*, 168(2), 833-845. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.056>.
- Gadde, L. & Jonsson, P. (2019). Future changes in sourcing patterns: 2025 outlook for the Swedish textile industry. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 25(3), 100-526. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2018.12.004>.
- Garcia, C. (2019). El salto digital de la banca colombiana en la ultima decada. *El Tiempo*. Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/economia/sector-financiero/avance-de-la-banca-colombiana-en-el-mundo-digital-395330>
- 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 grado. Universidad Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. & Hultink, E. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143(1), 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.
- Ghisellini, P., Cialani, C. & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114(15), 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.
- Gliem, J. & Gliem, R. (2003). *Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/1805/344>.

Google Maps. (2020). *Cúcuta, Norte de Santander*. Recuperado de:

<https://www.google.com/maps/place/C%C3%BAcuta,+Norte+de+Santander/@7.902123,-72.5439912,13008m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e66459c645dd28b:0x26736c1ff4db5ca18m2!3d7.8890971!4d-72.4966896>

Guo, Z., Eriksson, M., De la Motte, H. & Adolfsson, E. (2021). Circular recycling of polyester textile waste using a sustainable catalyst. *Journal of Cleaner Production*, 283(2), 124579. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124579>.

Gutiérrez, J. & Arévalo, R. (2019). *Estudio de factibilidad para la creación de la plataforma de comercialización de materiales aprovechables en el sector industrial llamada BORSI (Bolsa de Residuos y Subproductos Industrializables) en la ciudad de Cúcuta*. Tesis de grado. Universidad Libre. Bogotá, Colombia.

Haslinger, S., Hummel, M., Anghelescu, A., Määttänen, M. & Sixta, H. (2019). Upcycling of cotton polyester blended textile waste to new man-made cellulose fibers. *Waste Management*, 97(1), 88-96. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.040>.

Hassanbeigi, A. & Price, L. (2015). A technical review of emerging technologies for energy and water efficiency and pollution reduction in the textile industry. *Journal of Cleaner Production*, 95(2), 30-44. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.079>.

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2004). *Metodología de la investigación*. México: Mcgraw-Hill Interamericana.

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mcgraw-Hill Interamericana.

Inexmoda. (2021). *Informe del sector*. Recuperado de:

<http://www.saladeprensainexmoda.com/informe-del-sector-agosto-2021/>

Jeon, B. & Phelps, N. (2018). From ugly ducklings to beautiful swans? The role of local public intermediaries in the revival of the Daegu textile industry. *Geoforum*, 90,(3), 100-107.

<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.008>

Kazancoglu, I., Kazancoglu, Y., Yarimoglu, E. & Kaharaman, A. (2020). A conceptual framework for barriers of circular supply chains for sustainability in the textile industry.

Sustainable Development, 28(5), 1477-1492. <https://doi.org/10.1002/sd.2100>.

Kerlinger, F. & Lee, H. (2002). *Investigación del comportamiento*. México: McGraw-Hill Interamericana.

Koch, K. & Domina, T. (2009). Consumer Textile Recycling as a Means of Solid Waste Reduction. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 28(1), 3-17.

<https://doi.org/10.1177/1077727X99281001>.

Kumar, S. & Putnam, V. (2008). Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors. *International Journal of Production Economics*, 115(2), 305-

315. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.11.015>.

Lechuga, J., Rodriguez, M. & Lloveras, J. (2007). Análisis de los procesos para desalinización de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnológica. *Ingeniera*, 11(3), 5-14.

<https://www.redalyc.org/pdf/467/46711301.pdf>.

Lieder, M. & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115(1), 36-51.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>.

Lin, B. & Bai, R. (2020). Dynamic energy performance evaluation of Chinese textile industry.

Energy, 199(15), 117388. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117388>.

Lin, B., Chen, Y. & Zhang, G. (2018). Impact of technological progress on China's textile industry and future energy saving potential forecast. *Energy*, 161(15), 859-869.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.178>.

Lobo, M. (2005). *Calculadora del tamaño de la muestra*. Recuperado de:

<http://www.mey.cl/html/samplesize.html>

Lowe, E. & Evans, L. (1995). Industrial ecology and industrial ecosystems. *Journal of Cleaner*

Production, 3(2), 47-53. [https://doi.org/10.1016/0959-6526\(95\)00045-G](https://doi.org/10.1016/0959-6526(95)00045-G).

Mäkelä, M. Rissanen, M. & Sixta, H. (2020). Machine vision estimates the polyester content in recyclable waste textiles. *Resources, Conservation and Recycling*, 161(1), 10-57.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105007>.

Marques, A., Moreira, B., Cunha, J. & Moreira, S. (2019). From waste to fashion – a fashion upcycling contest. *Procedia CIRP*, 84(12), 1063-1068.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.217>.

Martínez, P. (2019). La moda es la ropa hecha con basura plástica. *El Universal*. Recuperado de:

<https://www.eluniversal.com.co/suplementos/facetitas/la-moda-es-la-ropa-hecha-con-basura-plastica-KA2165862>

- Mathews, J. & Tan, H. (2011). Progress Toward a Circular Economy in China. *Journal of Industrial Ecology*, 15(3), 435-457. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00332.x>.
- Méndez, C. (2002). *Metodología de la investigación científica*. Bogotá: Mac Graw Hill.
- Mercado, H., Fontalvo, T. & De la Hoz, E. (2011). Análisis comparativo entre las cadenas productivas del sector textil-confecciones de la provincia de Jiangsu-China y el departamento del Atlántico-Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(3), 429-441.
- Merrild, H., Damgaard, A. & Christensen, T. (2009). Recycling of paper: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research*, 27(8), 746-753. <https://doi.org/10.1177/0734242X09348530>.
- Mohapatra, K. (2012). Women Workers in Informal Sector in India: Understanding the Occupational Vulnerability. *International Journal of Humanities and Social Science*, 2(21), 197-207. Recuperado de:
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1050.6882&rep=rep1&type=pdf>.
- Moreno, A., Chang, E. & Romero, J. (2018). Satisfacción Laboral en las Pyme colombianas del sector Textil-Confección. *Revista Venezolana de Gerencia*, 23(82), 392-404. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/290/29056115009/29056115009.pdf>.
- Morse, S., Bennett, R. & Ismael, Y. (2006). Environmental impact of genetically modified cotton in South Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117(4), 277-289.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.009>.
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153(2), 104553. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>.

Nayak, R., Houshyar, S., Patnaik, A., Nguyen, L., Shanks, R., Padhye, R. & Fegusson, M.

(2020). Sustainable reuse of fashion waste as flame-retardant mattress filling with ecofriendly chemicals. *Journal of Cleaner Production*, 251(1), 119-620.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119620>.

Neira, L. (2020). Colombia solo recicla 17% de los 12 millones de toneladas de residuos sólidos que se dan al año. *La Republica*. Recuperado de:

<https://www.larepublica.co/empresas/colombia-solo-recicla-17-de-los-12-millones-de-toneladas-de-residuos-solidos-al-ano-3066464>

Nimkar, U. (2018). Sustainable chemistry: A solution to the textile industry in a developing world. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 9(4), 13-17.

<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2017.11.002>.

Organización de las Naciones Unidas. (2019). *El costo ambiental de estar a la moda*. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2019/04/1454161>

Organización de las Naciones Unidas. (2020a). *Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*. Recuperado de:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

Organización de las Naciones Unidas. (2020b). *Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad*. Recuperado de:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>

Pinillos, J., Jaimes, M. & Ortiz, S. (2019). Análisis sectorial de las confecciones en Norte de Santander: 2013 - 2016. *Revista de Ingenierías Interfaces*, 2(1), 1-12.

Piribauer, B. & Bartl, A. (2018). Textile recycling processes, state of the art and current developments: A mini review. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 37(2), 112-119. <https://doi.org/10.1177/0734242X18819277>.

Rakib, M., Saidur, R., Mohamad, E. & Muhammad, A. (2017). Waste-heat utilization – The sustainable technologies to minimize energy consumption in Bangladesh textile sector. *Journal of Cleaner Production*, 142(4), 1867-1876. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.098>.

Real Academia Española. (2020). *Retal*. Recuperado de: <https://dle.rae.es/retal>

Revertia. (2021). *La economía circular en cifras*. Recuperado de: <https://revertia.com/es/la-economia-circular-en-cifras/>

Ricaurte, M. (2020). *Impacto de la guerra comercial entre China y Estados Unidos en la industria textil colombiana*. Bogotá: Estudios Superiores de Administración.

Rivas, C. (2019). *Piensa un minuto antes de actuar: Gestión integral de residuos solidos*. Recuperado de: <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx>

Rizos, V., Behrens, A., Hofman, E., Kafyeke, T., Ioannou, A., Van, W., et al., (2016). Implementation of Circular Economy Business Models by Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): Barriers and Enablers. *Sustainability*, 8(11), 1212. <https://doi.org/10.3390/su8111212>.

- Rossi, E., Bertassini, A., Dos Santos, C., Neve, W. & Ometto, A. (2020). Circular economy indicators for organizations considering sustainability and business models: Plastic, textile and electro-electronic cases. *Journal of Cleaner Production*, 24,(2), 119137. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119137>.
- Sabino, C. (1996). *El proceso de investigación científica*. Caracas: Panapo.
- Salas, V. (2009). Modelos de Negocio y nueva economía industrial. *Universdia Business Review*, 23(1), 122-143. <https://www.redalyc.org/pdf/433/43312282009.pdf>.
- Sánchez, J., Álvarez, D. & Gelves, J. (2018). Cisco de Café como posible material sustituto de arcilla en la fabricación de materiales cerámicos de construcción en el área metropolitana de Cúcuta. *Respuestas engineering journal*, 23(1), 27-31 <https://doi.org/10.22463/issn.0122-820X>.
- Scharager, J. (2001). *Muestreo no probabilístico*. Recuperado de: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31715755/muestreo-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1626713387&Signature=H9Tnb65gffIWskARKdnvZH1xeT-haQ9rhQCXSl5wc28ynoALbRA9BSgc2urkSXHj8mVBXKIg~La1jyKDuPnJJMCVH87PyDEH2TdiBvJQSREZ4zXTPIGXCvVEKTzn9cLI0Ja1C2ckXFM-wlzIoKe>
- Shirvanimoghaddam, K., Motamed, B., Ramakrishna, S. & Naebe, M. (2020). Death by waste: Fashion and textile circular economy case. *Science of The Total Environment*, 718(4), 137-317. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137317>.
- Stahel, W. & Reday, G. (1981). Jobs for tomorrow: the potential for substituting manpower for energy. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/40935606_Jobs_for_tomorrow_the_potential_for_substituting_manpower_for_energy

Stahel, W. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(2), 435-438.

<https://doi.org/10.1038/531435a>.

Subramanian, K., Chopra, S., Cakin, E., Li, X. & Ki Lin, C. (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(2), 104-989.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104989>.

Thanh, N., Matsui, Y. & Fujiwara, T. (2010). Household solid waste generation and characteristic in a Mekong Delta city, Vietnam. *Journal of Environmental Management*, 91(11), 2307-2321. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.06.016>.

Tounsadi, H., Metarfi, Y., Taleb, M., El Rhazi, K. & Rais, Z. (2020). Impact of chemical substances used in textile industry on the employee's health: Epidemiological study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 197(2), 110-594.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110594>.

Trajković, D., Jordeva, S., Tomovska, E. & Zafirova, K. (2017). Polyester apparel cutting waste as insulation material. *The Journal of The Textile Institute*, 108(7), 1238-1245.

<https://doi.org/10.1080/00405000.2016.1237335>.

Turner, M. (1989). Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20(2), 171-197.

<https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.001131>.

- Vajnhandi, S. & Valh, J. (2014). The status of water reuse in European textile sector. *Journal of Environmental Management*, 141(2), 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.03.014>.
- Wilkinson, A., Hill, M. & Gollan, P. (2001). The sustainability debate. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(12), 1492–1502. <https://doi.org/10.1108/01443570110410865>.
- Williams, P. & Reed, A. (2004). High grade activated carbon matting derived from the chemical activation and pyrolysis of natural fibre textile waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 71(2), 971-986. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2003.12.007>.
- Yousef, S., Tatarants, M., Tichonovas, M., Kliucininkas, L., Lukosiute, S. & Yan, L. (2020). Sustainable green technology for recovery of cotton fibers and polyester from textile waste. *Journal of Cleaner Production*, 254(4), 12-78. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120078>.
- Yu, X., Wang, S. & Zhang J. (2018). Preparation of high adsorption performance activated carbon by pyrolysis of waste polyester fabric. *Journal of Materials Science*, 53(1), 5458-5466. <https://doi.org/10.1007/s10853-017-1928-2>.
- Zamani, B., Svanström, M., Peters, G. & Rydberg, T. (2014). A Carbon Footprint of Textile Recycling: A Case Study in Sweden. *Journal of Industrial Ecology*, 19(4), 676-687. <https://doi.org/10.1111/jiec.12208>.
- Zhu, Q., Geng, Y. & Lai, K. (2010). Circular economy practices among Chinese manufacturers varying in environmental-oriented supply chain cooperation and the performance implications. *Journal of Environmental Management*, 91(6), 1324-1331. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.02.013>.


Zuluaga, A., Cano, J. & Montoya, M. (2018). Gestión logística en el sector textil-confección en Colombia: retos y oportunidades de mejora para la competitividad. *CLIO América*, 12(23), 98-108. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6991986>.

Anexos

Anexo 1. Enlace para la encuesta aplicada, titulada “Encuesta a empresas del sector textil”

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSesbLcP5k9SerA6qEX1t3JfHkvdjDrUIOAhmR6MaW_CFhXOiQ/viewform

Preguntas Respuestas 237 Configuración



Universidad Francisco de Paula Santander

Vigilada Mineducación

Sección 1 de 4

ENCUESTA A EMPRESAS DEL SECTOR TEXTIL

Cordial saludo, soy estudiante de la Maestría en Gerencia de Empresas de la Universidad Francisco de Paula Santander y actualmente desarrollo la investigación titulada "RUTA ESTRATÉGICA BASADA EN LOS PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS TEXTILES DE POLIÉSTER, EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA CIUDAD DE CÚCUTA". Muy amablemente, solicito de su colaboración para el desarrollo del formulario electrónico (cuenta con escalas de actitudes y preguntas de selección), que tiene una duración aproximada de 10 minutos.

Muchas gracias por su atención y participación

Para cualquier duda, inquietud o sugerencia, dejo a su disposición mi correo electrónico lilianaesperanza@ufps.edu.co y número telefónico 322 3773152

Correo *

Correo válido

Este formulario registra los correos. [Cambiar configuración](#)

Nombre de la empresa

Texto de respuesta corta

¿Cuál es su cargo dentro de la empresa? *

Gerencial

Administrativo

Técnico/Operativo

Otro

¿Cuanto tiempo (años) lleva la empresa en el mercado? *

Menos de 1

Entre 1 y 4

Entre 4 y 7

Entre 7 y 10

Más de 10

¿Cuántos trabajadores tiene la empresa? *

Menos de 5

Entre 5 y 10

Entre 10 y 15

Entre 15 y 20

Sección 1

Descripción (opcional)

¿Qué procesos textiles elabora su empresa? *

- Confección
- Engomado
- Tinturado o teñido
- Estampado
- Hilatura
- Tejeduría
- Fabricación de prendas de vestir

¿Qué tipo de textiles utiliza? *

- Sintéticos
- Naturales

¿Porqué utiliza este tipo de textiles? *

- Son de menor coste

Sección 2

Descripción (opcional)

¿Qué tipo de residuos arroja el proceso textil de su empresa? *

- Residuos sólidos (poliester)
- Fenoles
- Material particulado
- Dióxido de azufre
- Óxidos de nitrógeno
- Compuestos orgánicos volátiles

Utiliza el residuo que resulta de la confección de textiles *

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

¿Por cuantos procesos pasa el textil para ser producto final? *

- Entre 1 y 2
- Entre 2 y 4
- Entre 4 y 6
- Más de 6

¿Cuantos kilos de textiles usan semanalmente? *

- Menos de 40
- Entre 40 y 80
- Entre 80 y 120
- Más de 120

¿Para que utiliza el residuo de la confección de textiles? *

- Lo desecha
- Para remiendos
- Para relleno
- Lo vende
- Lo regala

Se realiza separación de los diferentes residuos de materiales que se usan *

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

Reusan alguno de los textiles que quedan de los procesos *

- Siempre
- Casi siempre
- A veces

Conoce usted el costo de los desperdicios arrojados en cada proceso *

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

Después de la sección 3 Ir a la siguiente sección

Sección 4 de 4

Sección 3

Descripción (opcional)

Considera importante reutilizar los desperdicios arrojados de cada proceso textil *

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

Realiza algún convenio con algunos gestores o empresas de reciclaje (ajena a la empresa de aseo municipal) para el manejo de residuos

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

Utilizan alguna herramienta para la minimización de la carga contaminante en los vertimientos respecto cada proceso

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

Recibe algún tipo de capacitación en cuanto a la separación de los residuos que desecha *

- Siempre
- Casi siempre
- A veces

Considera el reciclaje textil cómo: *

- Muy importante
- Importante
- Neutral
- Poco importante
- No es importante

Conoce el impacto ambiental que ocasionan los desperdicios de cada proceso *

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

Quiere reconocer y aprovechar los desperdicios arrojados por cada proceso *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Indeciso
- En desacuerdo

La empresa implementa algún plan integral de manejo de residuos sólidos *

- Siempre
- Casi siempre
- A veces
- Casi nunca
- Nunca

Está dispuesto a realizar una correcta gestión de reciclaje *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Indeciso
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo