



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA EN SISTEMAS – INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE LOGÍSTICA INVERSA Y ECONOMÍA CIRCULAR
PARA DISMINUIR EL DESECHO DE RESIDUOS PRODUCIDOS POR LA
INDUSTRIA TEXTIL DE ROPA INTERIOR

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
MARQUEZ CORTEZANO ALEJANDRA MARGARITA

TUTOR PRINCIPAL
DRA. ESTHER SEGURA PÉREZ
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dra. Flores De La Mota Idalia

Secretario: Dr. Rivera Colmenero José Antonio

1er. Vocal: Dra. Segura Pérez Esther

2do Vocal: Dra. Huerta Barrientos Aida

3er Vocal: Dr. Del Moral Dávila Manuel

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Ciudad Universitaria, CD. MX.

TUTOR DE TESIS

Dra. Esther Segura Pérez

FIRMA

Agradecimientos.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de seguir creciendo y por el apoyo que me dio durante mis estudios de Posgrado, gracias UNAM, eres mi segunda casa.

Agradezco a todos los profesores que me acompañaron durante mi maestría, gracias por siempre transmitir su amor por la ingeniería y siempre motivarme a aprender más.

Agradezco a mis sinodales por sus valiosos consejos, observaciones y por formar parte de este escrito. Gracias a la Dra. Esther Segura por siempre estar a mi lado incondicionalmente apoyándome, resolviendo mis dudas y siempre enseñándome.

Finalmente agradezco a toda mi familia por su amor y apoyo incondicional.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
OBJETIVO GENERAL.....	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
JUSTIFICACIÓN.....	13
CAPÍTULO 1. LA ECONOMÍA LINEAL Y SU PROBLEMÁTICA ACTUAL	14
1.1 Modelo económico lineal y su problemática actual.....	14
1.2 Estrategias creadas para el manejo de los residuos.....	19
CAPÍTULO 2. LA ECONOMÍA CIRCULAR.....	29
2.1 Definición y desarrollo de la economía circular	29
2.2 Las 7 R's de la economía circular	34
2.3 Beneficios de la economía circular.....	35
2.4 La logística inversa como herramienta de la economía circular.....	38
2.4.1 Definición de la logística inversa.....	38
2.5.2 Ciclo de vida de un producto desde la logística inversa.....	39
2.5.3 Flujos de la logística inversa.....	41
2.5 La cadena de suministro sostenible	42
CAPÍTULO 3. LA INDUSTRIA TEXTIL Y LOS RESIDUOS	47
3.1 La industria textil en el mundo y en México	47
3.2 La cadena de suministro de la industria textil.....	51
3.3 Manejo de residuos sólidos textiles	54
3.3.1 Definición y clasificación de los residuos	54
3.3.2 Clasificación de los residuos sólidos textiles	60
3.3.3 Manejo de los RS textiles.....	61
3.3.4 Normativas gubernamentales de los RS textiles	66
3.4 Problemáticas presentes en la industria textil.....	68
3.4.1 Crecimiento poblacional	68
3.4.2 Tendencias de consumo (moda rápida)	70
3.4.3 Dificultades en el manejo de la ropa interior	71
CAPÍTULO 4. IDENTIFICACIÓN DE CAMPOS DE ACCIÓN EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE ROPA INTERIOR Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE	

LOGÍSTICA INVERSA Y ECONOMÍA CIRCULAR INCORPORADAS A LA CADENA DE SUMINISTRO.....	73
4.1 Estrategias de Economía Circular en la cadena de suministro textil	73
4.1.1 Materia prima, fibras e hilados, tejido y acabados.....	76
4.1.2 Diseño	80
4.1.3 Confección.....	82
4.1.4 Comercialización y adquisición por parte del cliente.....	82
4.1.6 Recuperación.....	87
4.1.7 Logística inversa	89
4.2 Resultados de empresas textiles que demuestran el funcionamiento de la Economía Circular.....	100
4.2.1 Grupo Inditex.....	100
4.2.2 H&M.....	102
CONCLUSIÓN.....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria textil en México está impactando en el consumo de recursos naturales y en la contaminación ambiental, datos de la Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) muestra que la industria de la moda utiliza 93,000 millones de metros cúbicos de agua, que podrían utilizarse para cubrir las necesidades de 5 millones de personas (ONU, 2019), asimismo se ha recurrido al uso de materiales no biodegradables y sustancias químicas tóxicas que dañan cuerpos de agua.

En cuanto a los residuos se sabe que al año se tira medio millón de toneladas de microfibra al mar y que las emisiones de carbono son significantes por lo que también influyen en el calentamiento global y el cambio climático. Además, se debe considerar que año con año, la población aumenta y como consecuencia, la demanda de prendas de vestir también, sin olvidar que se ha generado un concepto de moda rápida en la sociedad (Cobbing & Vicaire, Time out for fast fashion, 2016) donde cada vez la ropa tiene un menor tiempo de vida útil y las prendas se desechan a pesar del poco uso.

La producción y el consumo de bienes y servicios generan inevitablemente algún tipo de residuos (Semarnat, 2016) que varían en composición, estado, peligrosidad, etc. En función de estas características, el tratamiento, gestión y almacenamiento de los distintos residuos variarán dando lugar a la creación de toda una serie de infraestructuras y mecanismos de gestión con el fin de evitar cualquier deterioro ambiental (Gómez Delgado, 1995), el fin es disminuir el daño que se hace al medio ambiente debido al mal manejo de los residuos sólidos.

La importancia del tema de la generación y manejo de los residuos no involucra sólo los efectos ambientales y de salud pública derivados de su generación y manejo. También está implícito, desde otro ángulo, el uso de los recursos naturales. La gestión integral de los residuos, además de procurar reducir su generación y conseguir su adecuada disposición final, también puede dar como resultado colateral la reducción, tanto de la extracción de recursos (evitando su agotamiento),

como de energía y agua que se utilizan para producirlos, así como la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero. Todo ello se acompaña de importantes beneficios económicos, sociales y ambientales (Semarnat, 2016).

Una de las principales preocupaciones en materia medioambiental relacionada directamente con la industria textil son las grandes cantidades de residuos sólidos desechados al medio ambiente durante la producción y al término del uso de las prendas por parte de los clientes. Añadiendo las alarmantes cantidades de agua que son requeridas para llevar a cabo los procesos de acabado y consecuentemente las grandes cantidades de agua residual que se generan con una alta carga contaminante derivada del uso de todo tipo de productos auxiliares, colorantes y aguas de lavado de las fibras textiles. Igualmente, también son importantes otros parámetros como el consumo energético, las emisiones atmosféricas y los olores (RESITEX, 2007).

La economía circular implica un sistema de aprovechamiento de recursos donde los componentes biológicos y químicos usados en la fabricación de productos están pensados de manera que se integren de vuelta al ciclo económico a través de su reutilización, reparación, regeneración, reciclado o valoración. En este modelo se pretende que el valor de los productos, materiales y recursos se mantengan en el círculo económico durante el mayor tiempo posible, así pues, los residuos y los subproductos obtenidos entran de nuevo en el ciclo de producción como materias primas secundarias. En ese sentido, la economía circular propone un nuevo modelo de sociedad que utiliza y optimiza los inventarios, flujos de materiales, energía y residuos para implementar una economía justa, social, colaborativa y sostenible; que además funciona de forma eficaz en todo tipo de escala (Asociación de Ciencias Ambientales, s.f.).

La economía circular es una propuesta para romper la linealidad en que la humanidad ha ido creando cadenas de valor que generan productos no reintegrables en los ciclos naturales (Marcet, Marcet, & Vergés, 2018) involucrando a toda la sociedad en un cambio que incluye estilo de vida y cultura de consumo.

Una economía circular es un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva y aumenta el capital natural, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos del sistema, gestionando inventarios finitos y flujos renovables (Cerdá & Khalilova).

Es el término genérico para definir un nuevo modelo económico que busca mantener los materiales, los productos y sus componentes en procesos circulares, mediante los cuales pueden ser reintegrados en la cadena de valor una vez terminada su vida útil. Es decir, se debe trabajar siempre procurando que los materiales pierdan el mínimo valor posible en el momento de re inserción al proceso productivo o en una hipotética segunda vida del producto. (Marcet, Marcet, & Vergés, 2018).

Instrumentales fundamentales en la economía circular (Cerdá & Khalilova):

- Modelos innovadores de negocio
- Ecodiseño
- Prolongación del tiempo de vida útil de productos
- Programas de prevención de residuos

Una economía circular se basa en los principios de eliminar los residuos y la contaminación, mantener los productos y materiales en uso y regenerar los sistemas naturales. En la Fundación Ellen MacArthur se desarrolla la idea de fomentar y llevar a cabo una economía circular trabajando con organizaciones laborales, educativas y políticas inspirando a las personas e incentivándolas a crear soluciones que ayuden a reducir el impacto ambiental (Ellen Macarthur Foundation, 2022).

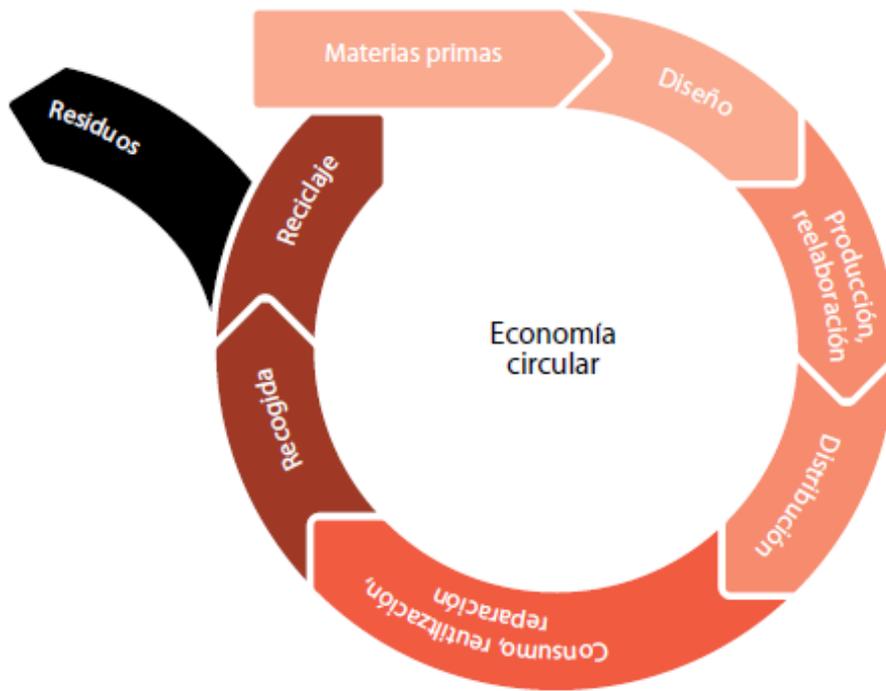


Imagen 1. Economía circular. Fuente: (Marcet, Marcet, & Vergés, 2018)

Este trabajo de investigación busca proponer estrategias que permitan incluir la economía circular a la cadena de suministro de empresas textiles para disminuir el impacto al medio ambiente y avanzar hacia una economía de cero residuos con un mejor aprovechamiento de recursos naturales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, en el año 1950 se registró un total de 2600 millones de habitantes cuyo consumo textil per cápita era de 3.7 kg por persona al año, para el 2015 se registró una población de 7400 millones de habitantes con un consumo textil de 13.1 kg por persona al año y se proyecta una población de 9700 millones de habitantes para el 2050 duplicando la demanda de los productos textiles. Estas cifras representan un aumento en el uso de materias primas como los cultivos de algodón, la cría de animales, el petróleo y el agua, además de un aumento en los desechos textiles (Gallissa, 2017). En términos de volumen, en el 2010 se registró un ingreso de materias primas al sector económico con un aproximado de 65 mil millones de toneladas, para el año 2020 se esperaba que ingresaran 82 mil millones de toneladas (Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation, 2014).

En México en el 2005 se reportó que el 4.5% de residuos desechados son textiles y al año únicamente se recicla el 0.5% (Semarnat, 2016). El uso de recursos naturales y la cantidad de desechos que genera la industria textil han ocasionado un grave impacto al planeta. Asimismo, la industria de la moda ha creado un concepto conocido como “moda rápida” en donde se incita a la sociedad a realizar una mayor compra de prendas textiles generando un consumo innecesario de producto y acortando su vida útil.

El correcto manejo de residuos de las empresas en el sector textil a través de una logística inversa que involucra la economía circular representa una oportunidad de disminuir el impacto ambiental y el deterioro del ambiente al reducir el uso de recursos naturales y controlar los residuos sólidos desechados en el medio ambiente.

De los principales representantes en el sector de la moda con grandes ventas se encuentra Grupo Inditex que, en el año 2020, según su informe anual (Inditex, 2021) vendieron 20,403 millones de euros con 13.5% en América, es decir, 2754 millones de euros. En total pusieron en el mercado 450,146 toneladas de prendas a nivel mundial, un aproximado de 70,769 toneladas en América.

Datos de una empresa de venta por catálogo demuestran que la ropa interior representa un 0.67% de la venta que tiene el grupo Inditex al año, por lo que se puede decir que existe un volumen considerable de ropa interior que al final de su vida útil resultan en residuos. Es por esto, por lo que se buscan estrategias que ayuden a integrar la economía circular en el modelo de negocio de las empresas.

Recientemente se ha visto que diversas empresas han comenzado a incorporar la economía circular a su modelo de negocio como una forma de ayudar a la sostenibilidad, por ejemplo, Grupo Inditex desarrolló el programa llamado “*Closing de loop*” con el fin de poder recibir las prendas desechadas de sus clientes para volver a incorporarlas a su ciclo de trabajo. Se puede observar que, dentro de las prendas recolectadas se tienen camisas, blusas, pantalones, chamarras o prendas exteriores pero la ropa interior se ha convertido en un problema por la falta de información para su manejo, además, por ser prendas de uso personal no pueden ser donadas o incorporadas a programas sociales.

La economía circular tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible. El creciente interés de gobiernos, industria y sociedad en la implementación de la economía circular ha llevado a la investigación a encontrar nuevas formas de manejar los recursos naturales y de tratar los residuos. (Prieto Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2017)

Existen diferentes organismos que se interesan por incorporar la economía circular como una herramienta para la sostenibilidad: gobiernos, escuelas y sociedad son ejemplo de ellos. En la Fundación Ellen MacArthur se desarrolla la idea de fomentar y llevar a cabo una economía circular trabajando con organizaciones laborales, educativas y políticas inspirando e incentivando a las personas a crear soluciones que ayuden a reducir el impacto ambiental (Ellen MacArthur Foundation, 2017). El enfoque de este trabajo será en empresas dedicadas al sector textil.

OBJETIVO GENERAL

Generar estrategias que ayuden a disminuir la cantidad de desechos que genera la cadena de suministro de la industria textil de ropa interior a través del uso de la economía circular y la logística inversa para empresas mexicanas que busquen introducir acciones sostenibles tomando como base a la empresa textil Zara.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar y analizar las herramientas y estrategias creadas para abordar la problemática de los residuos textiles en el modelo económico lineal.
- Detallar las definiciones y características de la economía circular, sostenibilidad y logística inversa.
- Detallar el caso de estudio: la industria textil y los residuos sólidos en México.
- Contrastar el modelo económico lineal de la industria textil contra un modelo de economía circular que permita el retorno de materiales considerados como residuos.
- Identificar los principales materiales con los que se elabora la ropa interior para clasificarlos y reconocer como pueden ser reciclados en el marco de la economía circular.
- Identificar los elementos generales que participan en el flujo de una cadena de suministro en la industria textil para generar las estrategias de incorporación de economía circular y logística inversa.

JUSTIFICACIÓN

El impacto al medio ambiente que ha causado la industria textil por los millones de prendas comercializadas han incrementado la participación de la industria en la emisión de gases de efecto invernadero, la generación de residuos sólidos, las descargas de aguas industriales y han explotado las materias primas, es por esto que es imperante generar estrategias que ayuden a disminuir el daño que se hace al medio ambiente por la industria textil debido al mal manejo de los residuos sólidos textiles y al uso de recursos naturales para la producción de telas.

Existen iniciativas que se han enfocado en reducir el impacto que causan industrias como la manufacturera o la de transporte, pero se ha subestimado el daño que causa la industria textil. Por estas razones es necesario generar estrategias que permitan a las empresas manejar sus propios residuos que se producen tanto al final de sus procesos de producción con ayuda de la logística inversa, como al final de vida del producto textil cuando el usuario/cliente lo desecha, utilizando los elementos de la economía circular para reducir la cantidad de desechos que llegan al medio ambiente y al mismo tiempo, disminuir el uso de recursos naturales utilizados para generar nuevas telas.

El uso consciente y responsable de recursos naturales permitirá a las futuras generaciones tener una mejor calidad de vida, por esta razón se vuelve importante interesar a la sociedad y a las empresas en el ciclo de vida del producto y en el cambio a una economía circular que evite el desecho de un producto al cien por ciento generando un flujo de retorno con los residuos para manejar los materiales textiles que se pueden volver a incorporar a la cadena de producción.

CAPÍTULO 1. LA ECONOMÍA LINEAL Y SU PROBLEMÁTICA ACTUAL

1.1 Modelo económico lineal y su problemática actual

La economía se puede definir como una ciencia que se encarga de analizar el comportamiento humano a nivel individual y social para entender y satisfacer sus necesidades. Dornbuch (2005) define la economía como una ciencia que estudia la forma en que las sociedades, con sus recursos escasos y limitados, deciden qué se produce, cómo y para quién, por otro lado, Samuelson (2006) la define como el estudio de la manera en que las sociedades utilizan los recursos productivos escasos para obtener bienes y distribuirlos para su consumo (Astudillo Moya & Paniagua Ballinas, 2012).

Según datos del Banco Mundial (Grupo Banco Mundial, 2020) al año 2020 existe una población mundial de 7,753 mil millones de habitantes viviendo bajo un modelo económico lineal. Los últimos 150 años de evolución industrial han estado dominados por un modelo de producción y consumo lineal (Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation, 2014), el cual se basa en prácticas de extracción de materias primas, fabricación, consumo y desecho.

En gran parte, nuestro modelo económico actual se basa en prácticas empresariales heredadas de la Revolución Industrial (Falappa, Lamy, & Vazquez, 2019) que comenzó en el siglo XVIII trayendo como consecuencias grandes centros de producción, mecanización de la mano de obra, incrementos de productividad, aumento en la urbanización y cambios en el consumo de la población, dando paso a avances tecnológicos.



Imagen 2. Economía lineal. Fuente: (Marcet, Marcet, & Vergés, 2018)

En la Imagen 2 se describe gráficamente el funcionamiento del modelo económico lineal. En primer lugar, se encuentra la extracción de los materiales que provienen de recursos naturales, después se incorporan a un modelo de producción o fabricación en donde se utilizan aún más recursos. Cuando el producto se encuentra terminado se procede a su distribución a algún punto de venta para que el consumidor lo adquiera, lo use y finalmente lo deseche. Según Falappa (2019), el aumento del consumo y el crecimiento económico junto con el deterioro medioambiental son los dos principios que fundamentan la economía lineal.

El modelo lineal generó una cultura de consumo para comprar, usar y desechar, buscando diferentes bienes constantemente y desechando de forma rápida los obsoletos (Falappa, Lamy, & Vazquez, 2019). La nueva tendencia de consumo y desecho rápido se conoce como *fast fashion*, en donde se trata al consumo de prendas como un acto de moda y materialismo.

Las tendencias de consumo cambiaron, datos de Greenpeace mencionan que a partir del 2000 se dio la gran explosión de consumo, guiada principalmente por dos minoristas: H&M y Zara, para el año 2002 las ventas de ropa apuntaban a 1 billón de dólares y para el 2015 alcanzaban 1.8 billones de dólares, pronosticando para el 2025 un total de 2.1 billones de dólares, en términos de producción, en el 2014 se menciona una producción de prendas mayor a 100 mil millones, lo que significa un aumento al doble desde 2002 (Cobbing & Vicaire, Time out for fast fashion, 2016).

La creciente demanda de los productos ha generado un incremento en la producción y se ha elevado el consumo de materias primas hasta un punto en donde se está comprometiendo la capacidad del planeta (Prieto Sandoval, Jaca, & Ormazabal,

2017). En términos de volumen, en el 2010 se registró un ingreso de materias primas al sector económico con un aproximado de 65 mil millones de toneladas, para el año 2020 se esperaba que ingresaran 82 mil millones de toneladas (Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation, 2014).



Imagen 3. Modelo económico lineal de la industria textil. Fuente: Elaboración propia con base en la información de (Cobbing & Vicaire, Time out for fast fashion, 2016)

En la Imagen 3 se puede apreciar el modelo económico lineal de la industria textil mostrando algunos de los factores contaminantes en cada paso, como el uso de pesticidas, químicos, materiales de empaque, combustible y energía. A continuación, se enlistan algunos datos obtenidos del trabajo de Greenpeace (2016) en donde se enfatiza la gran problemática del consumo textil, sobre todo bajo el concepto de moda rápida:

- Más de 850 millones de toneladas de Dióxido de Carbono (CO_2) son arrojados al ambiente, resultado de procesos de producción y transporte de las prendas.
- En el 2016 existió un aumento del 157% respecto al año 2000 en el uso de prendas de vestir, llegando a los 21.3 millones de toneladas.
- Los objetivos de reducir costos y de buscar otros materiales ha llevado a la industria a utilizar en su mayoría el poliéster como se observa en la Imagen

4. La producción de polímeros es un generador de CO_2 , considerando que tan solo en el 2015 la producción de poliéster fue 3 veces más alta que la producción de algodón representando un grave problema.

- Las prendas que se desechan, en su mayoría son arrojadas como desechos domésticos llegando a vertederos, es decir, no se tiene un correcto manejo de los residuos, generando desperdicio de recursos y más contaminación.

Polyester - Fast fashion's favorite material is on the rise

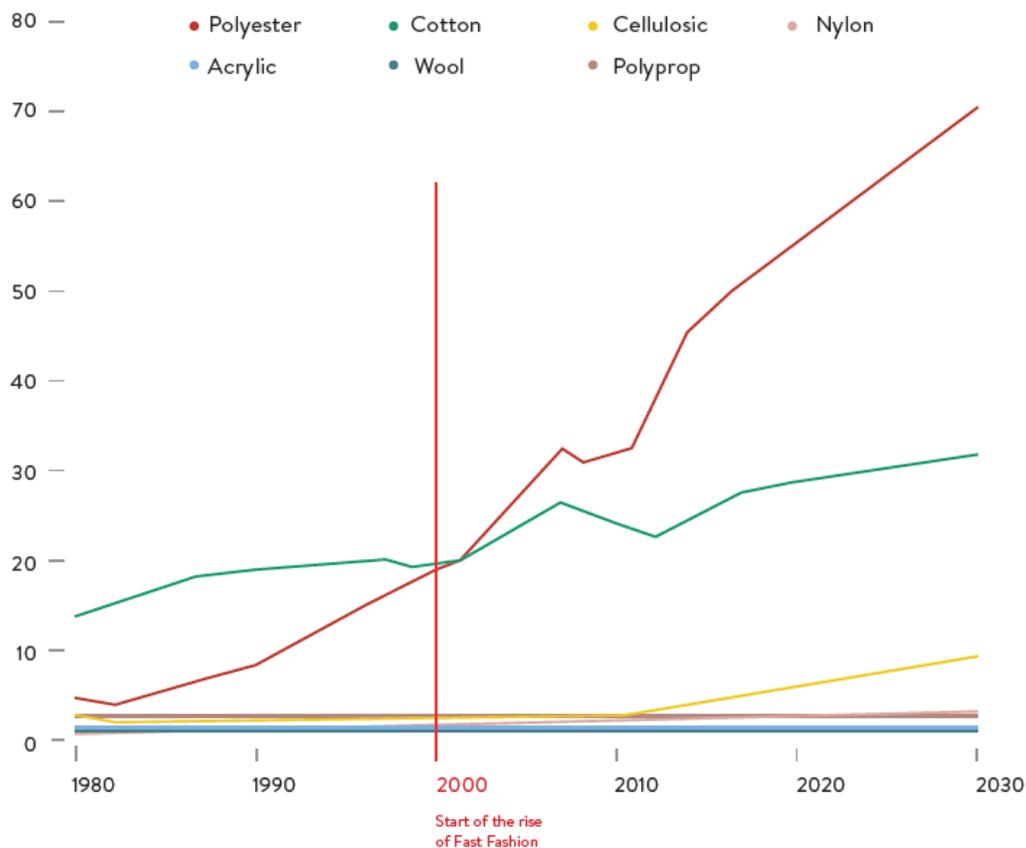


Imagen 4. Tendencia de uso de materiales en millones de toneladas. Fuente: (Cobbing & Vicaire, *Time out for fast fashion*, 2016)

En el modelo económico lineal no se les da importancia a los residuos, no se ven como una fuente de reutilización. Como se mencionó, los desechos de cada individuo terminan convirtiéndose en residuos que llegan a vertederos o incluso que

se dejan abandonados en cualquier parte. El modelo económico lineal también trata a los recursos naturales como ilimitados ya que no tiene retorno alguno durante su proceso.

El enfoque que se ha dado en mejorar la eficiencia de los recursos ha quitado la atención en el manejo de los residuos de materias primas que se producen durante el proceso de fabricación y sobre todo en los residuos que se generan por los productos después de su consumo. Según un reporte realizado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), se estima que en el 2010 el sector de residuos sólidos y aguas residuales aportó aproximadamente el 3% de las emisiones globales de los Gases de Efecto Invernadero, con la mayor aportación de emisiones de metano en los rellenos sanitarios, gran contribuyente del cambio climático (Pietro, 2018). Pietro también menciona que el 45% de los residuos generados en la región de América latina y el caribe se manejan de forma inadecuada llegando a vertederos.

Con el paso del tiempo, la producción bajo un modelo económico lineal ha generado una gran demanda por los recursos naturales y una disminución en estos. Para el sector empresarial esta situación significa un aumento de costos por la materia prima, que se seguirá notando cada vez más si no se toman acciones para no agotar los recursos, para los consumidores equivale también a un alza de precio en los productos.

En cuanto a la demanda, esta no disminuirá por el aumento de precios debido al crecimiento de población, es decir, la extracción de recursos seguirá en aumento y la generación de residuos también. El sistema lineal de la economía, basado en la extracción, fabricación utilización y eliminación, ha alcanzado límites debido al agotamiento de recursos naturales y de combustibles fósiles (Pietro, 2018) que ya no pueden sostenerse más, por lo que es necesario encontrar modelos como alternativa que permitan valorar los recursos naturales y al mismo tiempo, los residuos.

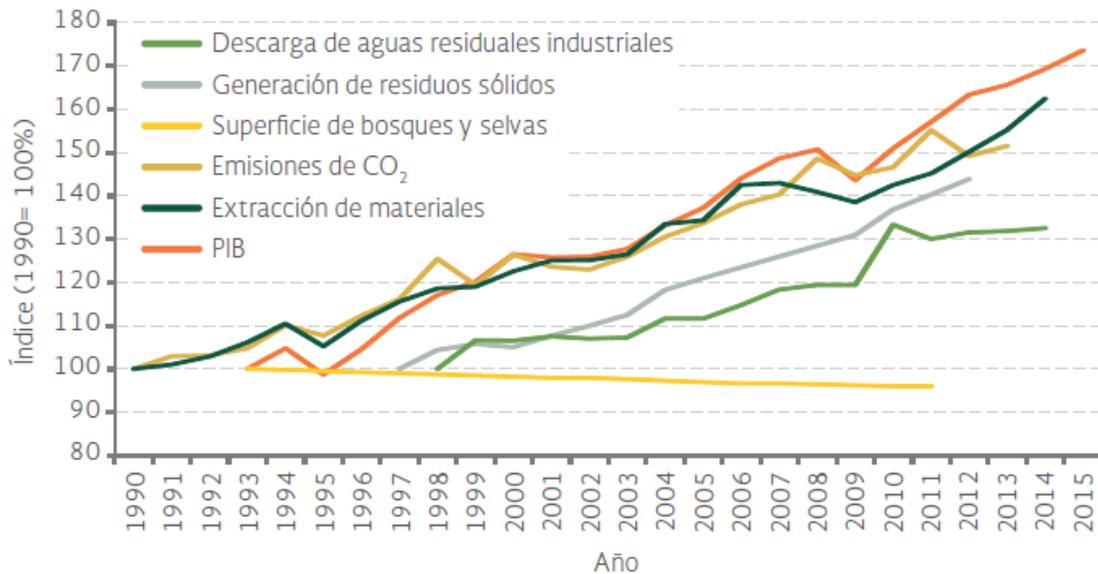


Imagen 5. Comparación de variables ambientales contra el PIB. Fuente: (Semarnat, 2016)

El informe sobre la situación del medio ambiente de Semarnat (Semarnat, 2016) presenta las siguientes cifras que demuestran la crisis sobre el deterioro del medio ambiente a nivel nacional, como se observa en la Imagen 5, comparando contra el incremento en el PIB:

- La extracción de materiales, generación de residuos y las emisiones de CO_2 van de la mano con el incremento del PIB, en donde se observa que las superficies de bosques y selvas disminuyen por la sobreexplotación de recursos naturales.
- Entre los años 1997 y 2012, la generación de residuos sólidos aumentó en un 44%. Para el 2011 ya se habían perdido 6.3 millones de hectáreas verdes conformadas por bosques y selvas.

1.2 Estrategias creadas para el manejo de los residuos

A continuación, se muestran diferentes empresas y organizaciones que han tomado medidas para disminuir su impacto al medio ambiente. Como ejemplo se colocan las empresas: Zara, H&M, GAP y Uniqlo ya que son los líderes en fabricación y

venta de ropa a nivel mundial. Como se observa en la Imagen 6, en el 2016 Grupo Inditex lideraba la primera posición con el mayor número de tiendas en diferentes países.

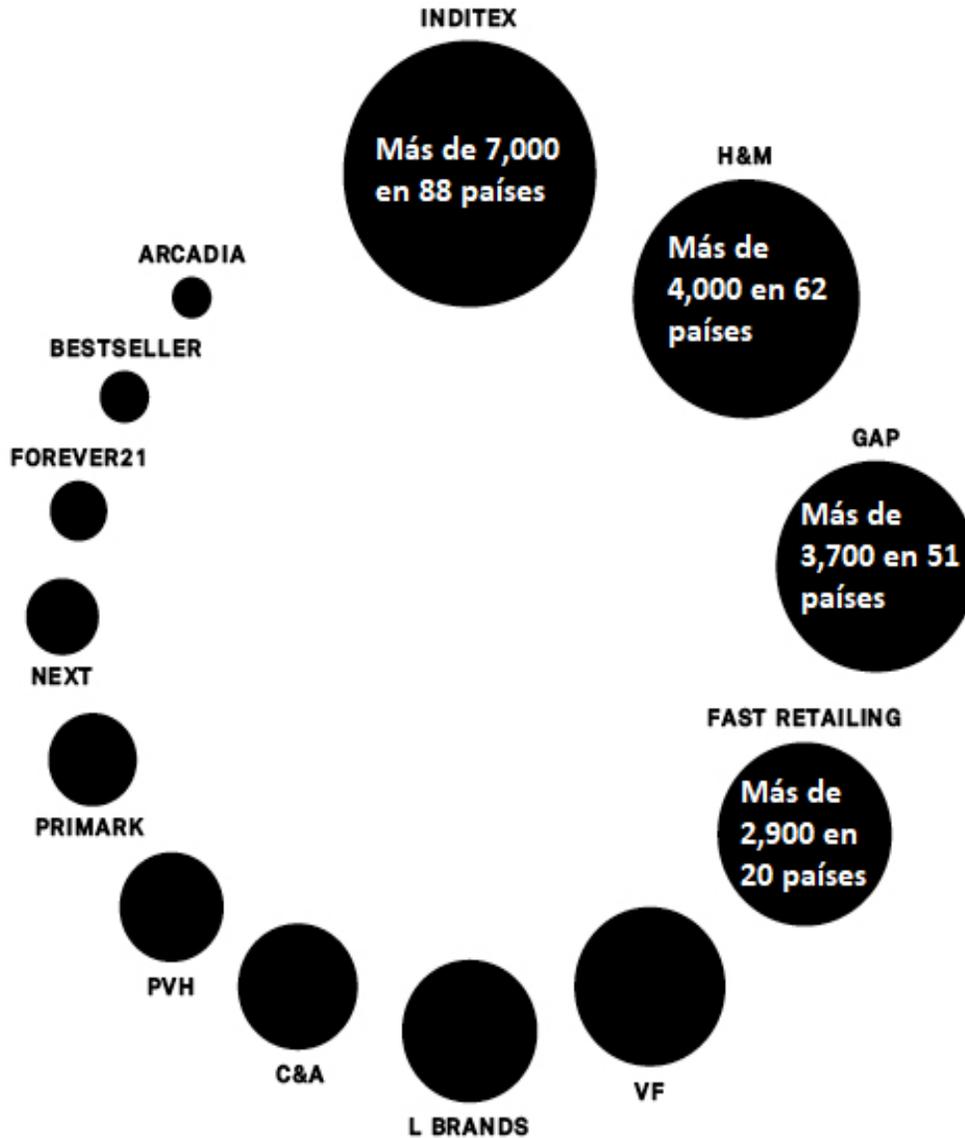


Imagen 6. Los líderes en distribución de la moda. Ranking de líderes de la moda con mayor cantidad de tiendas abiertas alrededor del mundo. Fuente: (Riaño & Gestal, 2016)

ZARA

Zara es una cadena española de tiendas de ropa reconocida a nivel mundial, que pertenece al grupo INDITEX. Amancio Ortega, fundador del grupo, abrió la primera

tienda de Zara en 1975 en La Coruña, España (Inditex, 2021). La cadena de suministros de Zara está integrada verticalmente y su modelo de negocios se diseñó en torno a la velocidad y flexibilidad. Esto permite que los nuevos productos pasen de la etapa de diseño a los estantes de las tiendas en tan solo cuatro semanas. En las tiendas de la empresa en todo el mundo llegaban nuevos modelos dos veces por semana.



Imagen 7. Primera tienda de Zara. Fuente: (Fernández, 2016)

El aprovisionamiento que Zara ha empleado se le conoce como “moda rápida”, que se ha dado gracias a la rapidez que emplea en sus procesos desde el diseño hasta el consumo final y que es reconocido por realizarse en menos tiempo que en lo que lo realiza la competencia. Esto también se le atribuye a la buena coordinación que existe entre sus talleres de fabricación y centros de producción.

El sistema de Zara se basa en responder de manera rápida a las tendencias de moda, en las tiendas se pueden encontrar productos nuevos, pero con suministro limitado. Esto provoca que el cliente tome decisiones rápidas, pues si no compra el producto cuando hay en existencia, probablemente después no lo vuelva a encontrar ya que Zara no resurte los mismos diseños.

Estas medidas generan en el consumidor una idea de comprar ropa, aunque no sea necesario y ha conducido a un planeta con recursos naturales cada vez más escasos. La contaminación y el agotamiento de los recursos ha sido evidente por lo

que las empresas también han empezado a sumar a sus operaciones, estrategias de sostenibilidad que permitan reducir sus indicadores de impacto en el medio ambiente. Dentro de las acciones que ha tomado Zara, se enlistan las siguientes:

- Han desarrollado la estructura de sus negocios de forma flexible, es decir, se adaptan a la demanda de los clientes para producir lo proyectado en ventas y así evitar el desperdicio de prendas por sobreproducción.
- Comenzaron a trabajar en las materias primas utilizando técnicas de cultivo sostenibles que permitan disminuir el impacto al medio ambiente. Trabajan en conjunto con los proveedores para utilizar materiales que no representen un riesgo para los bosques como el Modal y la Viscosa.
- Establecieron una política de productos forestales en el año 2014 en donde se establece que solo se deben utilizar recursos que provengan de bosques gestionados de forma sostenible para los materiales de empaque y mobiliario.
- Trabajan en proyectos para tener un consumo de agua más eficiente y reducir su uso en los procesos de lavado y de tintado, así como también el uso de agua en los procesos de cultivo del algodón y el lino. Junto con los proveedores, buscan eliminar el vertido de productos químicos a cuerpos de agua que no cumplan con los estándares ambientales establecidos.
- Comenzaron a incluir la circularidad en el diseño de sus productos trabajando con ecodiseño incluyendo el uso de materias primas recicladas.
- Crearon el “Programa recogida de ropa” con la finalidad de alargar la vida útil de las prendas usadas que ya no se desean para apoyar a programas sociales. El programa funciona depositando las prendas bien empacadas en contenedores ubicados en diferentes tiendas, no es necesario que las prendas pertenezcan a la marca. Se puede depositar cualquier tipo de prenda ya que la empresa y las organizaciones se encargan de clasificarlas, cuando hay prendas que no están en un perfecto estado se evalúan los materiales

que la componen, si se trata de algodón, lana o poliéster, se utilizan como fibras para nuevas prendas. Las prendas que no puedan ser reutilizadas o recicladas por motivos de higiene, seguridad y salud o calidad de los materiales siguen un riguroso procedimiento de gestión de residuos (Zara, 2022). En conclusión, Zara enlista las siguientes acciones que se toman dependiendo del estado de la prenda:

- Donadas a personas en situación de necesidad.
 - Comercializadas a través de los canales solidarios de las organizaciones sin ánimo de lucro para financiar sus proyectos sociales.
 - Reutilizadas y transformadas en otros productos textiles como trapos.
 - Recicladas en nuevas fibras y materiales destinados a la construcción y la automoción (rellenos de asientos, cojines, etc.).
- Trabajan con una compañía llamada “*Infinite Fiber Company*” que se encarga de trabajar con nuevas tecnologías en fibras y han encontrado cómo convertir materiales ricos en celulosa en fibras que son muy parecidas al algodón, esta celulosa se puede encontrar en la ropa. Zara utilizó esta nueva tecnología y lanzó una colección en donde cada prenda está hecha con 60% de fibras recicladas y como muestra de compromiso, tiene un contrato para comprar el 30% de la producción de fibras por *Infinite Fiber* al año durante tres años. El proceso de recuperación sigue los siguientes pasos (Infinite Fiber Company Company, 2021):
 - Primero se recolectan las prendas a ser utilizadas.
 - Como segundo paso se separan las telas de los botones y cremalleras, es decir, todo material del que no se pueden obtener fibras.
 - Cada textil se deshace en finas tiras.

- La celulosa que está contenida en algunas de las prendas, se atrapan para ser procesada y convertida en carbamato de celulosa.
- El carbamato de celulosa se convierte en un nuevo líquido y se le filtran impurezas, el elastano, un material que también se encuentra en la ropa, es considerado como una impureza.
- Finalmente, el líquido de celulosa se cristaliza y se hila hasta formar filamentos de fibras.

H&M

H&M se inauguró en 1947 en Suecia por Erling Persson. Es una empresa de moda creativa y responsable que se rige por valores y se centra en el cliente. En H&M, moda, diversión y acción son esenciales (H&M Hennes & Mauritz AB., 2022). Su idea comercial es “Moda y calidad al mejor precio” y realmente es conocida como una marca a la moda y de bajo costo, además utiliza la estrategia de no reponer artículos agotados por lo que, a la ropa se le agrega un valor extra al ser única.

Esta empresa invierte una gran cantidad en publicidad y *marketing*, su estrategia de fabricación se basa en producir a grandes cantidades y venta en masa con rápida rotación de inventario. Su producción se sitúa en Asia y Europa en donde la mano de obra es barata y pueden reducir costos. Actualmente cuenta con 4,979 tiendas alrededor del mundo.

H&M menciona que menos del 1% de los materiales utilizados para fabricar ropa se recicla. Como parte de la conciencia social y ambiental, la empresa ha tomado las siguientes medidas:

- “H&M Take Care” es una estrategia para prolongar la vida útil de las prendas en donde por medio de la página web, ofrecen a los clientes 79 formas de reparar y cuidar las prendas.
- H&M se ha convertido en parte de la red de la fundación Ellen MacArthur para construir una economía circular que intenta crear una industria textil más

avanzada.

- En el 2021 iniciaron un programa “Convirtiendo los residuos en moda” en donde se lograron reciclar 500 toneladas de residuos proporcionados por diferentes proveedores durante ese año. Los desechos recolectados se clasifican de acuerdo con sus materiales y color, los recicladores se encargan de trabajarlos y se genera una base de datos sobre las soluciones de reciclaje.
- La empresa busca incentivar la compra de materiales reciclados a los proveedores, esto con el propósito de impulsar la circularidad en la industria textil.

GAP

Gap fue fundada en 1969 en California como una tienda que vendía pantalones vaqueros de la marca Levi's. Su lema es “Soñadores, creadores y creadores de cambios” con el propósito de ser una marca inclusiva que genera un sentido de pertenencia con cada cliente haciendo una experiencia abierta a todos.

Dentro de su misión se encuentra la igualdad de género, el empoderamiento y la sostenibilidad. Gap es una colección de marcas unidas por la creencia de que las personas reales pueden, y deben, impulsar un cambio real. En el reporte global de sostenibilidad que lanzó en el año 2020, menciona las siguientes iniciativas para volver a la empresa más sostenible (Gap Inc., 2021):

- Pretenden que para el año 2050 se hayan eliminado los plásticos de un solo uso que utilizan durante toda su cadena de valor, incorporándose a una economía circular.
- La empresa tiene como objetivo trabajar el 100% de su algodón obtenido de forma sostenible, además para el año 2025 tienen el compromiso de convertir el 60% de su poliéster en material reciclado.

- “Jeans Redesign” es un desafío al que Gap se ha unido para diseñar y fabricar pantalones de mezclilla duraderos, que puedan ser parte de una economía circular.
- Gap en conjunto con la asociación “Give Back Box” han trabajado para hacer un programa de caridad en donde las personas pueden enviar por correo ropa, accesorios y zapatos que se encuentren en buen estado y ellos lo hacen llegar a una organización de beneficencia.
- Pretenden utilizar fibras con menor impacto ambiental para producir sus prendas, es decir, utilizan datos de evaluación del Ciclo de Vida (LCA por sus siglas en inglés) sobre indicadores que incluyen el potencial de calentamiento global, el uso del agua, así como evaluaciones de la biodiversidad, el potencial de circularidad, la química, el cambio de uso de la tierra y las condiciones sociales dentro de la producción (Gap Inc., 2021).
- Se enfocan en un gran problema que es, trabajar con el excedente de inventario que queda con cada temporada. Las prendas que no se venden, son donadas a organizaciones sin fines de lucro.

GREENPEACE

En el año 2011 la organización Greenpeace (Cobbing & Vicaire, Time out for fast fashion, 2016) comenzó a trabajar en conjunto con 78 empresas en la descarga de productos químicos que se generan durante el proceso de fabricación de prendas. Durante su investigación encontraron ropa que contenía NPE (Etoxilatos de nonifenol), un agente químico peligroso que contamina los cuerpos de agua cuando las prendas pasan por un proceso de lavado. Como medida, empresas se comprometieron a eliminar este químico y así disminuir su nivel de contaminación. El problema con esta estrategia se presenta por el aumento de producción de ropa a nivel mundial debido a la creciente demanda, lo que lograra superar el avance que se ha logrado con las empresas comprometidas.

CANOPY

Canopy es una organización que se enfoca en proteger el medio ambiente, cuidando los bosques y velando por los derechos de comunidades indígenas. Trabajan en forma conjunta con socios, buscando alternativas para mejorar las cadenas de suministro. Canopy no solo trabaja con industrias de la moda, también está asociada con empresas de belleza, imprentas, alimentos y bebidas.

La organización ha logrado asociarse con grandes empresas de la moda como H&M, Zara, Uniqlo, Flipkart y el grupo de moda LVMH para evitar extracción de recursos de bosques antiguos que están en peligro de extinción (Canopy planet, 2022) conservando más de 25 millones de acres en Indonesia, el bosque boreal de Canadá y las selvas tropicales templadas de América del Norte.

Tienen una iniciativa llamada “*Canopy Style*” que, en conjunto con empresas de la moda, se han encargado de desarrollar un nuevo material de celulosa artificial que se consigue de fibras presentes en ropa usada o residuos agrícolas, que pasan por un proceso de reutilización y así permiten disminuir el uso de recursos naturales para nuevas fibras.

TEXTILE EXCHANGE

prendas usadas para producir nuevos tejidos, proceso conocido como “upcycling”. Para su desarrollo es necesario impulsar la innovación textil

Actualmente aún existen limitaciones en el proceso de producción de nuevos tejidos con fibras recicladas que requieren de mayor innovación textil y también la implicación de toda la sociedad para recuperar las prendas al final de su vida útil (Zara, 2022). Se necesitan nuevos materiales, tecnologías de reciclaje y modelos comerciales que promuevan la circularidad, mejoren el uso de recursos y mejoren la experiencia de los clientes para transformar nuestro negocio y la industria de la moda. Identificamos, probamos y escalamos nuevas soluciones (H&M Hennes & Mauritz AB., 2022) A pesar de que las empresas están intentando añadir la circularidad a sus procesos, aún existen muchas áreas de oportunidad tanto en

tecnología como en operaciones para lograr disminuir el impacto de los residuos al medio ambiente.

CAPÍTULO 2. LA ECONOMÍA CIRCULAR

2.1 Definición y desarrollo de la economía circular

La economía circular es el nuevo camino hacia un futuro más próspero, que tiene como beneficios la protección del medio ambiente, cuidando las fuentes de recursos naturales y buscando el desarrollo sostenible a través de diferentes estrategias en la cadena de suministro. La esencia de la EC proviene de lograr cero residuos, es decir, optimizar los productos tanto en su diseño como en su vida útil para poder ingresarlos a un proceso de reutilización. Se trata de la economía que propone abandonar el actual modelo lineal, que genera cada vez más residuos y productos de usar y tirar. Una economía circular convierte bienes que están al final de su vida útil en recursos para otros bienes, cerrando bucles en ecosistemas industriales y minimizando residuos (Universidad Carpe Diem, 2021).

La economía circular es una herramienta que permite hacer frente al el crecimiento económico tan acelerado y a la explotación de recursos que el sistema productivo actual demanda ya que, como lo menciona Stahel y Park, J. (Prieto Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2017), promueve un flujo cíclico para la extracción, transformación, distribución, uso y recuperación de los materiales y la energía de productos y servicios disponibles en el mercado. La EC busca un diseño para acabar con los residuos (Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation, 2014) volviendo al sistema restaurador.

Dar mayor valor a los recursos y a los materiales es parte de una EC ya que se pretende utilizarlos de tal forma que durante su proceso se arrojen menos contaminantes a la atmósfera y que se aprovechen más. La EC busca implementar un nuevo sistema en donde el ciclo de vida de los productos se cierre logrando un uso consciente de recursos como materias primas, agua y energía, e incluyendo a los residuos en nuevos ciclos de producción. El objetivo de este modelo es reducir

la entrada de materiales y la producción de desechos (Falappa, Lamy, & Vazquez, 2019).

El camino hacia el concepto de la economía circular va muy de la mano con la evolución del desarrollo sostenible, que, en el artículo de Pietro Sandoval, se define como la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer la posibilidad de satisfacer las necesidades de las futuras generaciones. La sostenibilidad se ve en tres dimensiones o entornos: economía, sociedad y medio ambiente. Con el paso del tiempo se ha demostrado que esas tres dimensiones trabajan en conjunto y que es necesario lograr un equilibrio entre estos tres pilares para tener un futuro más sostenible. La EC es un vehículo que permitirá lograr ese equilibrio que el desarrollo sostenible tanto desea y que con el paso del tiempo se ha vuelto más difícil.

Afrontar el crecimiento poblacional, el crecimiento económico y la escasez de recursos puede trabajarse si se da más valor a cada material y recurso natural utilizado durante la fabricación de productos o servicios dando vital importancia a los residuos, que se espera sean vistos como una nueva fuente de recursos. La EC es un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible (Prieto Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2017).

La economía circular se puede representar en forma de un ciclo como se ilustra en la Imagen 8, en primer lugar, se encuentra la extracción de recursos, que, a diferencia de la economía lineal, no hace referencia a recolectar materias primas de fuentes naturales como bosques, sino de tomar recursos de cualquier parte del entorno. En la industria textil, la extracción de recursos puede consistir en el uso de fibras de ropa ya usada o también puede implicar la selección más consciente de proveedores que estén involucrados en la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente.

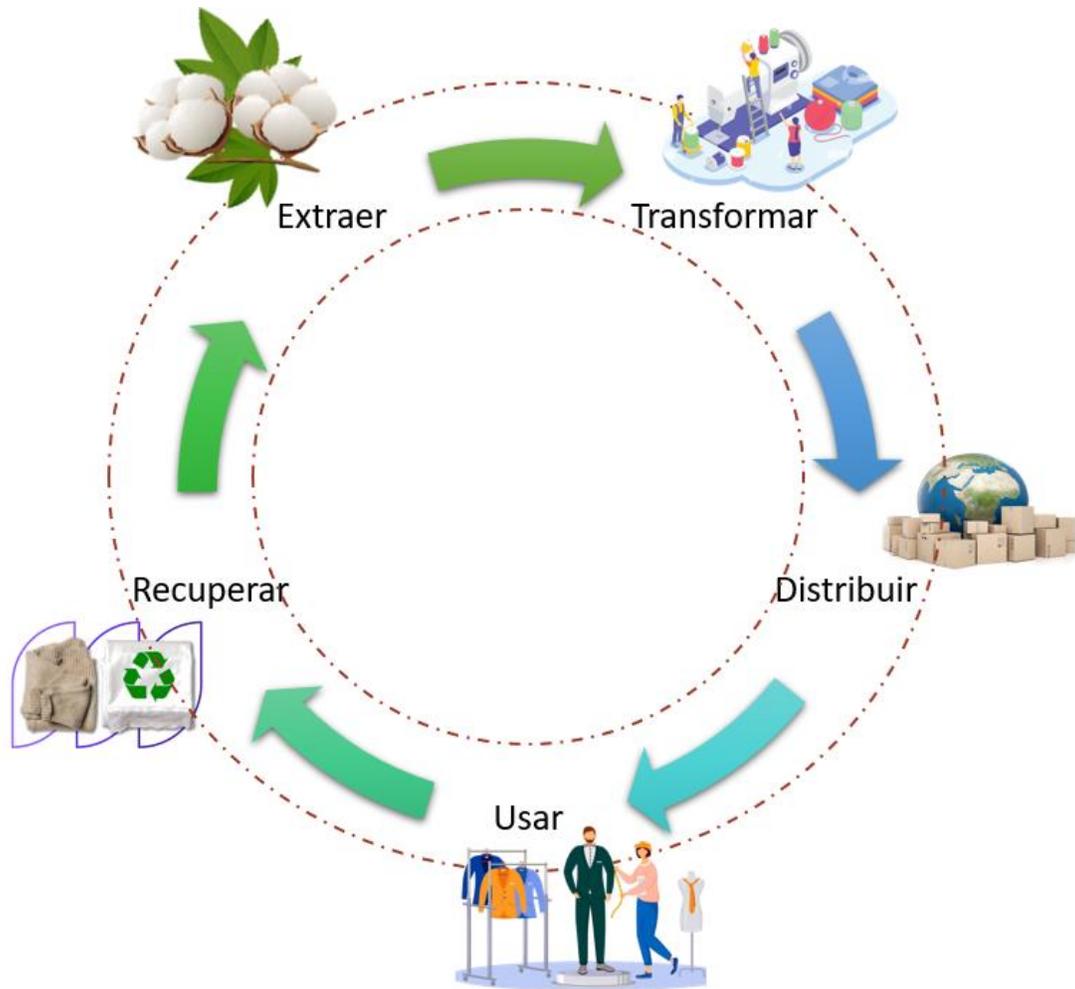


Imagen 8. Fases dentro de la Economía Circular. Fuente: Elaboración propia con base en la información de (Prieto Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2017)

La etapa de transformación se refiere al trabajo que se lleva a cabo para transformar un recurso en el producto o servicio deseado. En el ámbito de la EC se trata de utilizar los recursos de la mejor forma para evitar la mayor cantidad de desperdicio y usar tecnologías más enfocadas en el cuidado del ambiente, es decir, procesos que utilicen energía sustentable, que no desechen materiales tóxicos a cuerpos de agua o que no contribuyan al efecto invernadero. Las empresas en esta etapa tienen la oportunidad de mejorar el impacto medioambiental que pueden ocasionar.

La distribución trata sobre cómo las empresas entregan los productos o servicios a sus clientes por diferentes medios de transporte, rutas y con tecnologías en su

cadena de distribución. Desde una visión de EC se espera que la distribución sea eficiente en cuanto impacto ambiental, con la menor cantidad de CO_2 liberado, combustible usado o materiales de embalaje enviados. La logística inversa puede ser una nueva herramienta dentro de la EC que permita una cadena de suministro más sostenible.

Los clientes tienen una gran responsabilidad en la fase de uso, ya no solo se trata de adquirir el producto y usarlo solamente por un cierto tiempo. Ahora, dentro del marco de la EC los productos deben aprovecharse durante su vida útil e incluso después, los usuarios podrán tener la oportunidad de regresar el producto al comprador para que él disponga de la mejor forma de los residuos o existe la posibilidad de compra/venta para artículos de segunda mano. La EC permite diferentes medidas en cuanto a la disposición de los productos cuando ya no se desean, todo con el propósito de que no sean desechados en la basura y lleguen a vertederos a cielo abierto.

La recuperación trata de volver a incorporar los residuos al ciclo, según McDonough, W y M. Braungart (Prieto Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2017) esta recuperación se puede dar de dos formas, la primera devolviendo los recursos biológicos a la biosfera o incorporándolos de nuevo al proceso para fabricación de otro producto. La recuperación dentro de una EC se puede dar en tres niveles diferentes:

1. Nivel Micro: Hace referencia a las empresas en un nivel individual, en donde cada una de ellas toma acciones para mejorar sus procesos utilizando materias primas de origen sostenible, fuentes de energía renovables e incluyendo ecodiseño en sus productos, además de crear estrategias de recuperación de residuos.
2. Nivel Meso: Este nivel abarca más allá de solo las instituciones individuales, engloba organizaciones que trabajan en conjunto para crear estrategias en donde se busca darle más valor a los recursos y formas de utilizar de nuevo los productos que ya no se desean.

3. Nivel Macro: Se enfoca a un nivel nacional o regional en donde se crean iniciativas a nivel sociedad, colonia, o municipio.

Entonces, la EC tiene como principio no generar residuos y buscar la forma de incorporarlos al sistema. Los residuos no existen cuando los productos son diseñados y optimizados mediante un ciclo de desensamblado y reutilización (Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation, 2014). La organización Ellen MacArthur introduce el principio de consumibles, en donde se aborda el tema de los componentes que se crean como consumibles para ciertos productos y servicios que generalmente están fabricados con materiales desechables o no están pensados para ser reutilizados y se ven como desperdicios de plásticos o metales. En un entorno de EC los consumibles se fabrican de tal forma que no sean tóxicos y que puedan ser retornados al medio ambiente de forma segura. También es importante mencionar que, dentro de este entorno, se espera que las fuentes de energía utilizadas provengan de una fuente renovable.

CEMDA es una organización sin fines de lucro que trabaja para el cuidado del medio ambiente, en su 25 aniversario público un informe (Carrillo Fuentes, 2019) en donde expone cuatro principios que son la base para la economía circular:

1. Dentro de una EC los clientes son usuarios: Los clientes dejan el papel de consumidor a un lado y se vuelven usuarios del bien que adquieren, es decir, esos bienes y servicios dejan de ser propiedad total de quien lo adquiere porque las empresas se quedan con la responsabilidad del producto y de los residuos.
2. Cero desechos: Cuando los productos dejan de ser utilizados no se desechan, vuelven a ser incorporados dentro de la cadena con algún principio dentro de las 7 R's.
3. La clasificación de los elementos industriales pasa a solo tener dos clasificaciones: La primera clasificación se considera como desechables biodegradable en donde entran las telas y la segunda clasificación es

durables reutilizables que abarcan materiales que pueden reutilizarse como el vidrio. Los materiales que no existen dentro de estas dos categorías deben pensarse y rediseñarse para poder asignarlos dentro de la nueva forma de clasificar, lo que facilitará el principio dos de cero residuos.

4. La energía es renovable: Dentro de una EC se considera el uso de energías renovables que eviten el uso de recursos energéticos.

2.2 Las 7 R's de la economía circular

El modelo de economía circular toma el principio de las 3 R's y lo adapta a un concepto más amplio dando más posibilidades de uso a los residuos, tal como se ilustra en la Imagen 9, la economía circular incluye 4 principios más que se describen a continuación:

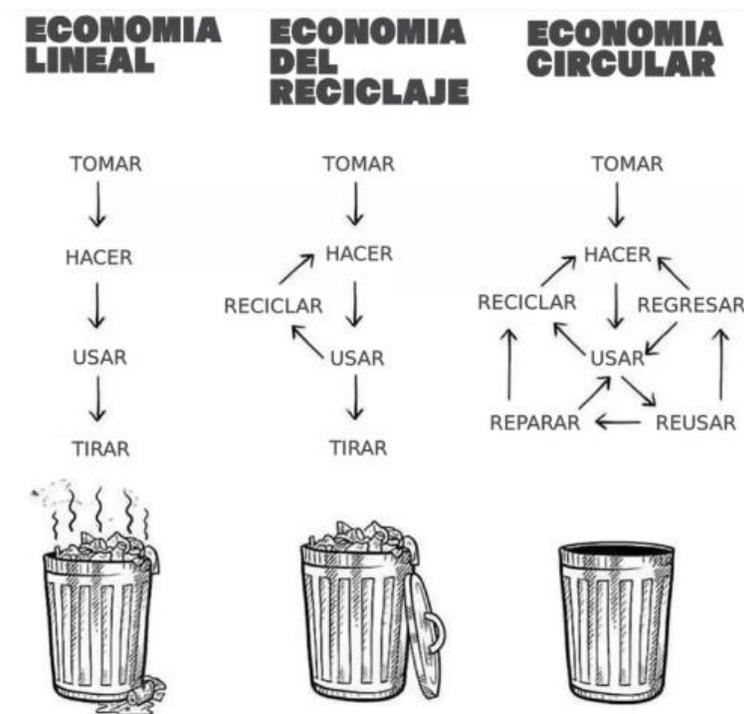


Imagen 9. Mejora del principio de reciclaje hacia las 7 R's de la Economía Circular. Fuente: Universidad Carpe Diem

1. Reciclar: Se define como volver a utilizar los materiales de un producto para fabricar otro, lo que da oportunidad a los materiales ya desechados para

convertirse en recursos de un nuevo producto.

2. Reutilizar: Es volver a usar un producto varias veces para alargar su tiempo de vida antes de desecharlo. Reutilizar ciertos residuos o partes de estos, que todavía pueden funcionar para la elaboración de nuevos productos sin la necesidad de cambiar sus propiedades de origen (pasar por un proceso de cambio químico). Reintroducir en el circuito económico aquellos productos que ya no corresponden a las necesidades iniciales de los consumidores (Falappa, Lamy, & Vazquez, 2019).
3. Reparar: Se refiere a arreglar los productos o servicios cuando sufren algún daño o dejan de funcionar para alargar su vida útil y no desecharlos.
4. Rediseñar: Esta R surge por la necesidad de cambiar la forma tradicional de diseño y llevarlo por un nuevo camino en donde cada producto sea diseñado desde un inicio pensando en cómo será desensamblado, recuperado e incorporado de nuevo al ciclo.
5. Recuperar: Trata sobre juntar o recoger productos o materiales que ya han sido utilizados con anterioridad para introducirlos en otro proceso. Estos materiales pueden provenir de procesos de fabricación de otros productos.
6. Repensar: Se refiere a ver la producción de una forma diferente, pensando en cada materia prima y recurso como una forma de producir un bien o servicio que al final pueda ser retornado al ciclo. Es importante pensar más allá del uso que se le dará al producto.
7. Remanufacturar: La remanufactura es un proceso en donde los componentes de un producto que se encuentra dañado se devuelven a su estado inicial o incluso se mejoran.

2.3 Beneficios de la economía circular

Dentro de los beneficios que puede traer una implementación de la economía circular se encuentran los siguientes:

- Reutilización de recursos y disminución de residuos

La EC al proponer un sistema con cero residuos permite una recuperación de materiales que pueden incorporarse nuevamente al ciclo de otro producto, prometiéndole ahorros en costos de producción y una menor dependencia hacia los recursos primarios (Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation, 2014). Dentro de la EC se puede encontrar el diseño circular como una nueva forma de proponer productos y servicios pensando desde cero en cómo se podrían utilizar los materiales al final del uso de ese producto, normalizando el uso de materiales puros que sean más fáciles de recolectar y procesar.

La reutilización de materias primas también favorece el desempeño de la cadena de suministro al mitigar riesgos en suministros de materias primas o riesgos en su volatilidad de precios, ya que con la EC no se dependerá de una sola fuente de recursos. Además, trabajando bajo este nuevo modelo existirán estándares industriales que permitirán una mejor colaboración y comunicación en cada eslabón que conforma la cadena de valor. En términos económicos, la Fundación Ellen MacArthur menciona los siguientes puntos a favor de la EC en cuanto al ahorro por materias primas a nivel de la Unión Europea (Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation, 2014), a continuación, se enlistan los siguientes:

- El ahorro en una etapa de transición se estima entre 340 a 380 mil millones de dólares y en una etapa avanzada se pronostica un ahorro entre 520 a 630 mil millones de dólares.
- Si se aplicara en el sector automotriz el ahorro sería más significativo en una etapa avanzada, llegando hasta los 200 mil millones de dólares por año.
- Visto a nivel mundial se podrían alcanzar los 700 mil millones de dólares al año únicamente para bienes de consumo de vida útil corta como papel higiénico, artículos de cuidado personal, comida empacada, alimentos frescos, etc. Esto representa un ahorro del 20%

del costo total para materiales de la industria de bienes de consumo.

- Compromiso empresarial

Empresas comprometidas y conectadas que trabajan bajo un mismo modelo y se ayudan entre sí en temas ecológicos. Este compromiso entre empresas con el medio ambiente les otorga una buena reputación que se ve reflejada a la hora de elegir por parte de los consumidores (Falappa, Lamy, & Vazquez, 2019). Las empresas que incorporan la EC a sus procesos y a su modelo de negocio permiten involucrar a sus empleados a este modelo, generando una cultura de trabajo más enfocada en la sostenibilidad. Además, cada empresa que se va uniendo al nuevo sistema sirve como ejemplo y guía alentando a unirse a otras empresas.

- Innovación, ventaja competitiva en el contexto de la globalización

La incorporación de la EC trae consigo la necesidad de tener nuevas ideas en cuanto a diseño de productos, logística inversa y nuevas tecnologías que faciliten la transición hacia un modelo circular. Generar nuevas formas de trabajo con energías renovables, utilizando diferentes recursos naturales y optimizando los materiales se traduce como un distintivo entre una empresa y otra, volviendo a la EC una ventaja competitiva a nivel mundial.

- Generación de empleo

Una economía circular trae consigo mayor empleo local, especialmente en puestos de trabajo de baja especialización y especialización media (Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation, 2014). La transición hacia la EC trae consigo nuevos procesos y modelos por lo que será necesario personal que se incorpore a estas actividades.

2.4 La logística inversa como herramienta de la economía circular

2.4.1 Definición de la logística inversa

La logística se define como una estrategia que permite una alineación entre los integrantes de la cadena de suministro para lograr cumplir con los requisitos del cliente. La logística inversa se entiende como el proceso en donde se planifica y controla el flujo de materias primas, inventario y bienes visto ahora desde el producto terminado o de consumo hacia el origen. Carter & Ellram definían a la logística inversa como un proceso en donde las empresas tenían oportunidad de ser eficientes en cuanto al medioambiente se refiere utilizando el reciclaje, reutilización y reducción de los materiales que se utilizan (Cabeza, 2012).

La logística inversa se encarga de gestionar los retornos de los clientes, lo que permite a la empresa volver a recuperar valor del producto y manejar el residuo de forma adecuada. Se considera que la logística inversa es un proceso muy ligado a la responsabilidad social que la empresa tiene con el hecho de entregar productos más sostenibles a la sociedad (Gómez Montoya, Correa Espinal, & Vásquez Herrera, 2012).

Se puede decir que la logística inversa incluye las operaciones de:

- Reutilización de productos y materiales.
- Recolección o recogida de producto terminado.
- Desmontaje o desensamblaje de productos usados.
- Desmembramiento o proceso de materiales y/o componentes.

Además de estas actividades, Domingo Cabeza hace una aportación importante al concepto añadiendo el término maximizar, es decir, la logística inversa es el conjunto de todas las actividades ya mencionada con el objeto de maximizar el aprovechamiento del valor del producto con el fin de un uso sostenible (Cabeza, 2012).

Por otra parte, Mentzer (2004) define la cadena de suministro como un conjunto de procesos logísticos que se relacionan entre sí por medio del flujo de productos, servicios, finanzas e información (Gómez Montoya, Correa Espinal, & Vásquez Herrera, 2012). De forma general una cadena de suministro es la relación que existe entre proveedores, empresas y clientes en donde se llevan a cabo procesos de producción, transporte, almacenamiento, distribución, ventas y logística inversa.

La logística inversa lleva un flujo contrario al de la cadena de suministro por tratarse de un proceso de recogida de productos, a continuación, en la Imagen 10 se puede observar de forma general los elementos de una cadena de suministro.

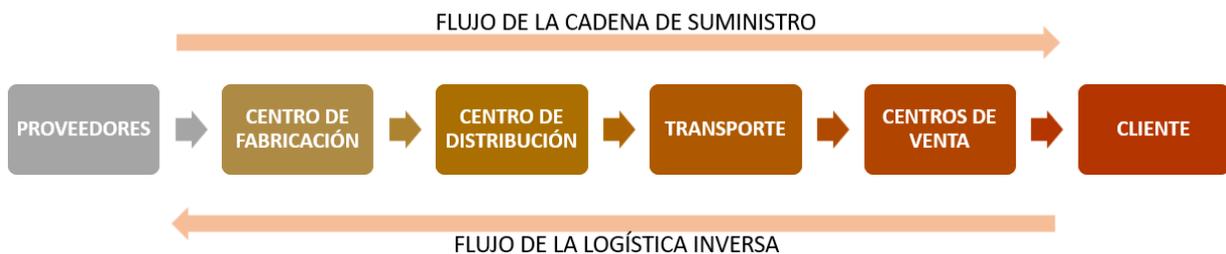


Imagen 10. Flujo de una cadena de suministro general. Fuente: Elaboración propia

2.5.2 Ciclo de vida de un producto desde la logística inversa

El ciclo de vida de un producto visto desde un punto de mercadotecnia comienza cuando el producto o servicio se introduce al mercado y termina cuando este se retira del mercado por ventas bajas, saturación del mercado o los beneficios desaparecen. Desde una visión de logística inversa el ciclo de vida de un producto comienza desde su diseño hasta llegar al consumidor final quien lo usa y finalmente lo desecha. A continuación, en la Imagen 11 se muestra un diagrama con el ciclo de vida general.

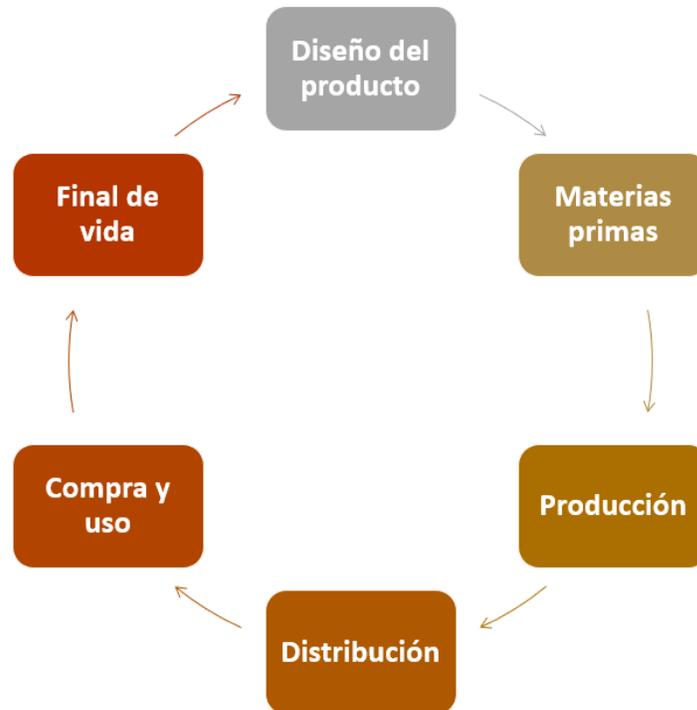


Imagen 11. Ciclo de vida de un producto. Fuente: Elaboración propia con base en la información de (Cabeza, 2012)

Se puede observar que la Imagen 11 es similar a la Imagen 8 en donde se plantean las fases de una Economía Circular, por esta razón, la logística inversa cobra vital importancia dentro del nuevo modelo económico circular, ya que propone las bases de gestión de recursos entre diferentes eslabones de una cadena de suministro para que la EC pueda aplicarlo en los tres entornos de la sostenibilidad: económico, social y medio ambiental, de esta forma se incluyen a todos los participantes dentro de una economía, ampliando la responsabilidad medioambiental y volviendo un proceso de logística en un modelo económico que cambie el estilo de vida.

El ciclo de vida de un producto desde la logística inversa le da mayor importancia a la fase “final de vida del producto”, en donde ahora ya no se considera la última etapa, sino que se considera otra más del ciclo en donde los residuos o desechos vuelven a incorporarse dentro del ciclo de vida utilizando alguna de las 7 R’s que la EC propone. De esta forma, el diseño del producto tiene más peso al ser la fase en

donde se debe visualizar a futuro, es decir, quien diseña el producto debe pensar en la facilidad de volver a incorporar los materiales a otro producto.

En general, todas las fases del ciclo de vida del producto ven a los recursos con más valor y se aprovechan de la mejor forma posible durante los procesos pensando en que el producto final no tenga un impacto negativo en el medio ambiente y que el consumidor interactúe con el producto de forma consciente.

2.5.3 Flujos de la logística inversa

En el libro de Domingo Cabeza “Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro” (Cabeza, 2012) se exponen 6 caminos que la logística inversa propone en donde se muestran alternativas de flujo de información y materiales entre los integrantes de la cadena de suministro:

1. Reutilización: La reutilización o reventa trata de volver a utilizar el mismo producto porque aún se encuentra en buen estado y solo puede necesitar algún servicio de mantenimiento.
2. Reparación: En esta fase se realiza la reparación necesaria al producto para que vuelva a funcionar y continúe con la misma finalidad que tenía en un inicio.
3. Restauración: En la restauración se hace uso de nuevas tecnologías que permitan ampliar el tiempo de vida útil del producto.
4. Refabricación: Como su nombre lo indica, se hace una re-fabricación del producto desensamblando y pasándolo por un proceso de remanufactura, algunas partes pueden ayudar a crear nuevos productos.
5. Reciclaje: Cuando un producto es desechado, sus partes son utilizadas para crear uno nuevo teniendo un aprovechamiento de residuos.
6. Vertedero: Es la última opción dentro de la logística inversa y se emplea cuando no existe otro camino que pueda aplicarse al producto, por lo que se

debe desechar de forma más segura llevándolos a vertederos o extensiones de tierra en donde se entierran los residuos de manera controlada.

2.5 La cadena de suministro sostenible

El estado actual de los recursos naturales y el aumento en el volumen de desechos en el medio ambiente ha encaminado a buscar nuevas formas de trabajo que sean más sostenibles. Además, el incremento de la complejidad de las cadenas de suministros causadas por la globalización lleva a buscar formas de gestionar efectivamente las actividades y ser más competitivo, requiriendo un mayor compromiso por parte de las empresas (Vinajera Zamora, Marrero Delgado, & Cespón Castro, 2020). La Cadena de Suministro Sostenible, nombrada a continuación como CSS, busca mejorar el desempeño de los eslabones y todos sus involucrados incluyendo prácticas responsables con el medio ambiente.

Una CSS tiene como propósito minimizar los impactos que una Cadena de Suministro normal genera hacia el ambiente incluyendo las tres dimensiones que la sostenibilidad implica: económico, social y medio ambiental. En la dimensión económica se incluyen los costos asociados a producción, logística, calidad, etc. En la dimensión social se trata la satisfacción del cliente y de los empleados y en la dimensión ambiental se incluye el cuidado de los recursos naturales, uso de energías renovables, tratamiento de residuos, entre otros (Cogollo Flórez & Ruiz Vásquez, 2019).

Hacer la transición a una CSS no es una tarea fácil, implica diferentes factores como la demanda y valoración de los clientes por productos sostenibles. La consultora Miebach enfocada en brindar estrategias para una cadena de suministro sólida, desarrolló un estudio en donde se presentan datos que muestran cuales son los principales impulsores que las empresas observan para un cambio hacia la sostenibilidad y también se presentan las principales barreras que impiden que las empresas migren su cadena de suministro actual hacia una sostenible.

El estudio se realizó bajo los siguientes parámetros: se entrevistó a un total de 277 personas pertenecientes al ámbito logístico y con experiencia en el sector entre los meses de junio y septiembre del año 2020 centrándose en la región de Europa con 52% de participación y Norteamérica con 21%. Del total de personas, 142 son expertos en logística, 55 pertenecen a la gerencia de ventas y marketing, 50 son directores generales y los 30 restantes son gerentes de sostenibilidad (Miebach Consulting, 2020). A continuación, se muestran los principales resultados del estudio:

- El principal impulsor para que una empresa se incorpore en la sostenibilidad es la demanda de los clientes, el 72% de las empresas esperan que los clientes tengan el poder adquisitivo para consumir los productos sostenibles y que esto les permita seguir con su economía. En segundo lugar, el estudio arrojó que los reglamentos como normas y contratos son importantes y como tercer lugar se observa que la ventaja competitiva es otro factor que impulsa a las empresas a incorporar las CSS, con el propósito de generar un crecimiento en la empresa y ganar reputación en el mercado.

Como se muestra en la Imagen 12 las empresas tienen como prioridad lograr ventaja competitiva, eficiencia y reducción de costos como impulsores antes que la reducción de residuos. Es por esto por lo que se considera importante demostrar que al incorporar una economía circular a la empresa y al modelo económico de la sociedad se pueden generar estos beneficios además de cuidar el medio ambiente.

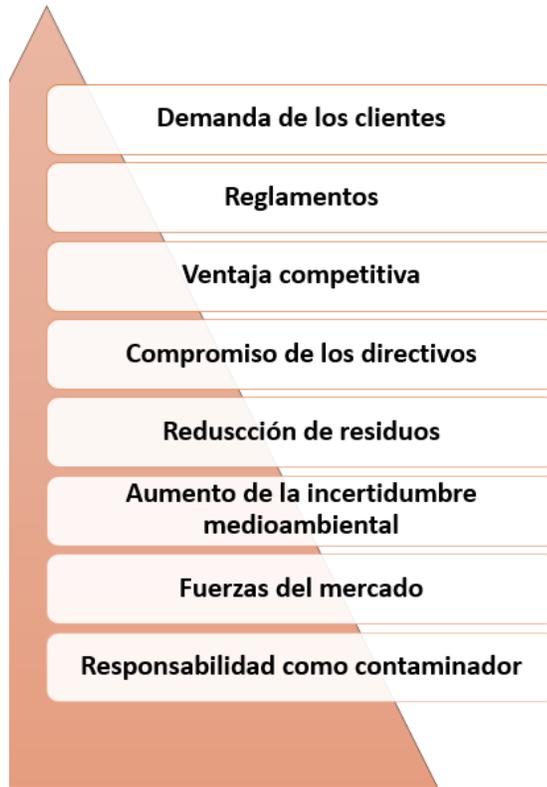


Imagen 12. Impulsores de la sostenibilidad. Fuente: (Miebach Consulting, 2020)

- El siguiente resultado interesante se basó en las medidas que las empresas aplicaban como método para ser más sostenibles. La principal resultó ser las certificaciones de diferentes normas, como segundo lugar el ahorro de recursos como energía y agua y, en tercer lugar, el fomento de una cultura sostenible a todos los empleados. En la Imagen 13 se ilustra la totalidad de las respuestas. Todas las medidas han sido un gran paso para las empresas que la han incorporado, pero se espera que con el cambio hacia una economía circular y una CSS, estas actividades sean obligatorias para todas las empresas y que sean parte del día a día.

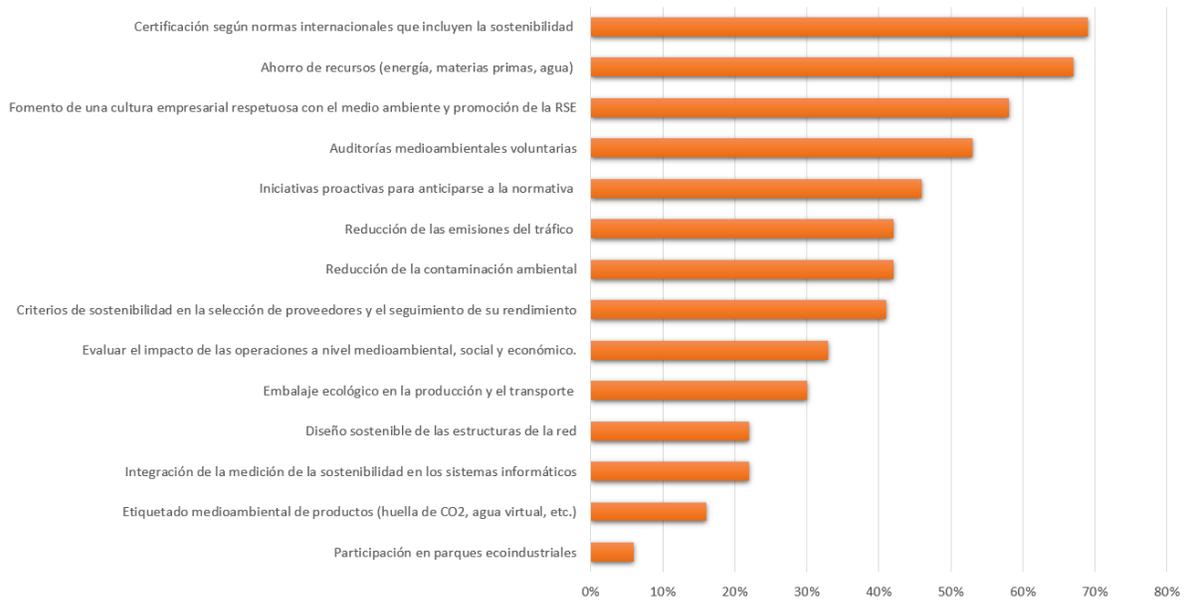


Imagen 13. Medidas para la gestión de una CSS. Fuente: (Miebach Consulting, 2020)

Como se puede observar es un gran desafío para las empresas incorporar medidas sostenibles cuando existe incertidumbre en el comportamiento de la demanda de consumo por parte de los clientes, es aquí en donde la logística inversa y las cadenas de suministro sostenibles necesitan de un marco de economía circular que permita preparar a una sociedad a un cambio de estilo de vida y que brinde una nueva visión en la forma de consumo, uso y desecho de los productos y servicios. Además, la EC también permitirá crear un marco de normas y leyes que no solo recaigan sobre los integrantes de una cadena de suministro, sino que se apliquen a nivel empresarial y social.

El nivel de competitividad en las empresas es tan alto que es entendible que las empresas busquen reducir costos, inversiones de capital más seguras y seguir con presencia en el mercado. La transición a una EC no es una tarea sencilla pero cuando los tres pilares de la sostenibilidad se trabajan en conjunto puede alentar a las empresas a incorporarse a ese cambio de la forma como lo menciona el estudio de Miebach:

“La complejidad de la sostenibilidad se debe a la interacción de los componentes sociales, ambientales y económicos: las iniciativas óptimas deben ser económicas, tener poco o ningún impacto en el medio ambiente y mejorar el bienestar social de todas las partes interesadas.”

CAPÍTULO 3. LA INDUSTRIA TEXTIL Y LOS RESIDUOS

3.1 La industria textil en el mundo y en México

La industria textil es parte de la vida diaria para todo el mundo y es parte muy importante dentro del desarrollo de la economía a nivel mundial. Actualmente la industria textil vale 1.3 billones de dólares empleando a más de 300 millones de personas durante toda su cadena de valor (Ellen MacArthur Foundation, 2017), para el 2021 ya representaba el 2.5% de comercio mundial en mercancías y el 3.3% de comercio mundial en manufacturas (Angulo Lima, 2004). El desarrollo de la economía y el crecimiento de la población ha causado un crecimiento al doble de la industria textil en los últimos 15 años.

Los principales competidores mundiales de la industria textil son: China, la Unión Europea, Estados Unidos y la India. Como se observa en la Tabla 2, la región con mayor importancia es Asia, en donde las exportaciones textiles representan el 4.3% de las exportaciones totales de mercancías (Angulo Lima, 2004).

Parte de los textiles en el comercio total de mercancías	Exportaciones (%)	Importaciones (%)
Nivel mundial	2.5	2.5
Otros países de Asia	5.7	3.9
Asia	4.3	3.2
Europa Occidental	2.3	2.1
Europa Occidental	1.8	4.3
Australia, Japón y Nueva Zelanda	1.4	1.6
América del Norte	1.3	1.4
América Latina	1.2	3.3
África	1.0	5.7
Oriente Medio	0.8	3.9

Tabla 1. Participación de exportaciones textiles a nivel mundial. Fuente: (Angulo Lima, 2004).

El sector textil en México cuenta con un aproximado de 20 mil empresas en su mayoría PYMES y se generan más de un millón de empleos. En el 2014, el 10% del

Producto Interno Bruto fue gracias a las actividades textiles y según información del INEGI, entre el año 2003 y 2017 el sector de moda ha producido poco más de 120 millones de pesos (Carrillo Fuentes, 2019). Para el año 2019 en México se tenía una población de 120 millones de habitantes, en general el mayor mercado de textiles y moda son los jóvenes de entre 12 y 29 años.

La Cámara Nacional de la Industria Textil y el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020) delimitaron la industria y de la confección como se enlista a continuación y como se muestra en la Imagen 14, ordenando las actividades según su aportación al PIB generado entre enero y septiembre del año 2019:

1. Industria textil (40.3% del PIB):
 - a. Fabricación de telas.
 - b. Fabricación de productos textiles que no son prendas de vestir.
 - c. Preparación e hilado de fibras textiles.
 - d. Acabado de productos textiles.
 - e. Confección de alfombras y blancos.
2. Industria de la confección (59.7% del PIB):
 - a. Confección de prendas de vestir.
 - b. Fabricación de prendas de vestir con el método de tejido de punto.
 - c. Confección de accesorios de vestir.

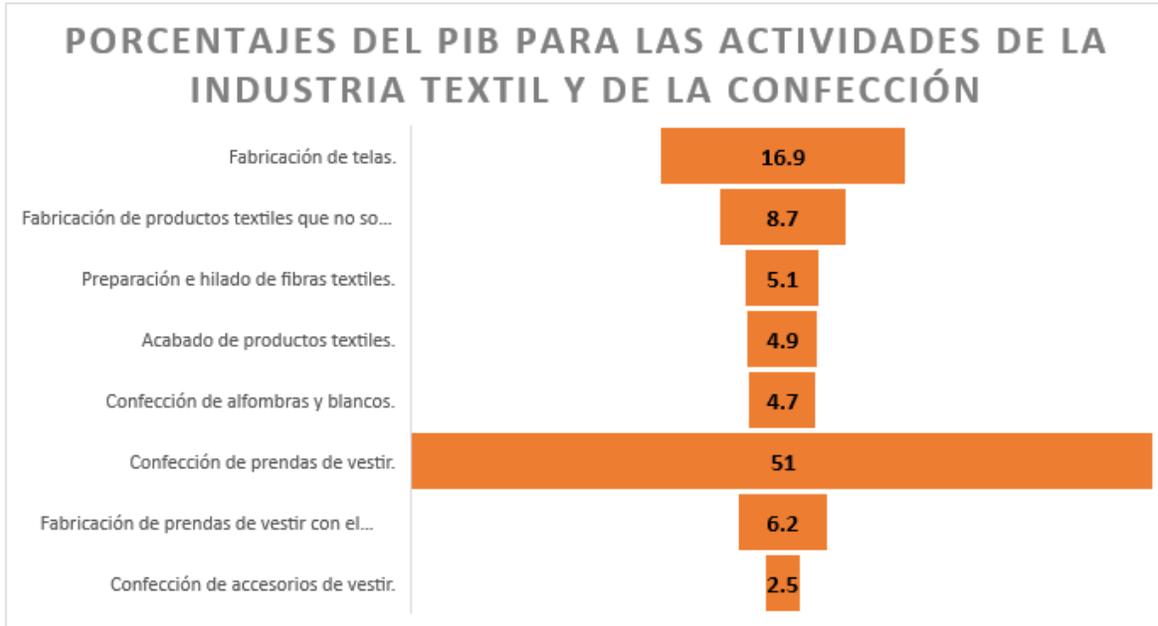


Imagen 14. *Actividades de la Industria textil y de la confección para México 2019. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020)*

En el año 2020 comenzó el declive de la industria textil debido a la pandemia causada por el COVID-19. El cierre de tiendas, el confinamiento, el cierre de puertos y la falta de materias primas ocasionaron que las ventas cayeran un 30% y un 90% el beneficio de las empresas (Salvatierra, 2021). Las caídas en venta se dieron principalmente en Europa y Estados Unidos.

En México también se ha presentado una pérdida de competitividad, desde el 2012 solo se contaba con el 1% de la participación como exportador a nivel global comparado con el 4% que representaba en el año 2000. Comparando la magnitud entre el mercado en México y en China, en el año 2012 China abastecía el 18% del mercado textil (Nájera Ochoa, 2015).

Actualmente se cuenta con un sistema de producción de textiles altamente ineficiente y contaminante, ya que se extraen grandes cantidades de recursos naturales para la fabricación de prendas que se utilizan por poco tiempo por el “*fast fashion*” y que se desechan perdiendo el valor de los materiales utilizados sin

realmente sacarles provecho, con el paso de los años el porcentaje de utilización de las prendas ha disminuido en un 36% (Larios, 2019).

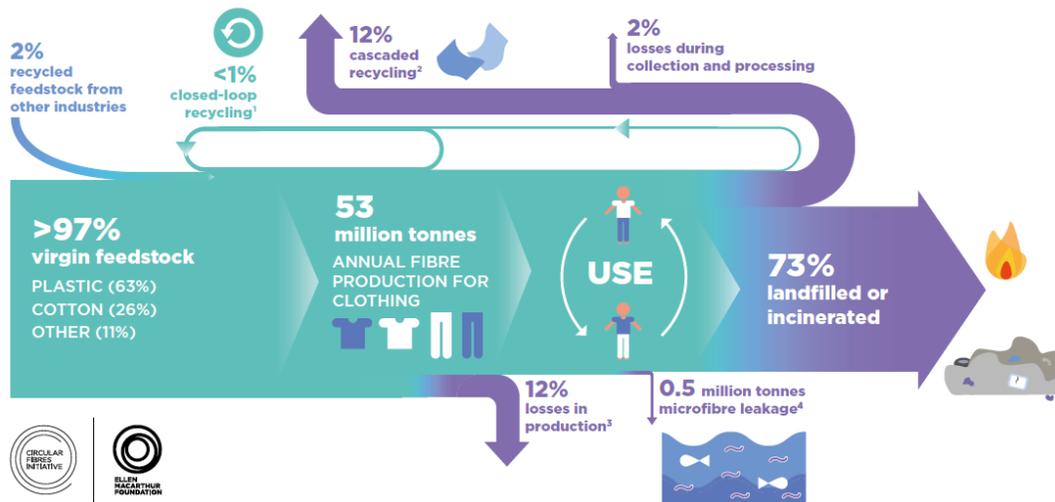


Imagen 15. Flujo lineal de la ropa en el año 2015. Fuente: (Ellen MacArthur Foundation, 2017)

Según la fundación Ellen MacArthur, al año se pierden 500 mil millones de dólares por ropa infrutilizada y por falta de reciclaje, desperdiciando los recursos utilizados para la fabricación de cada prenda que llega a vertederos en menos de un año (Ellen MacArthur Foundation, 2017), menos del 1% de los materiales utilizados para la fabricación de ropa se recicla a nivel mundial y en el caso de México se recicla menos del 5%, además se pierden millones de dólares en la disposición de los residuos, sólo para Reino Unido se utilizan 108 millones de dólares al año (Carrillo Fuentes, 2019). Como se muestra en la Imagen 15, el 73% de la ropa llega a vertederos o es incinerada, es decir, casi la totalidad del 97% de materia prima virgen que utilizaron recursos naturales para su fabricación, se pierden. Tan solo en el proceso de producción se pierde el 12% de las telas.

En México aún se utilizan los recursos naturales de forma ineficiente porque se necesitan marcos legales que incluyan la sostenibilidad dentro de sus leyes para regular el consumo de agua, la extracción de materias primas para fabricación de fibras naturales, así como la fabricación de fibras sintéticas y todas las sustancias químicas que se arrojan al ambiente contaminando cuerpos de agua.

La moda debe tomar un camino más sostenible para reducir el impacto ambiental lo más que se pueda y así lograr tener un mejor futuro. Para lograr una industria textil sostenible se deben involucrar todos los participantes de la cadena de suministro, a las empresas y también a los consumidores.

3.2 La cadena de suministro de la industria textil

La EC dentro de la cadena de suministro textil ayudará a fortalecer cada eslabón dando valor a los recursos financieros y naturales. Actualmente la cadena de suministro textil es lineal y como se puede observar en la Imagen 16, comienza con la **extracción de materias** para la **producción de fibras**, en este eslabón se ven involucrados los sectores de agricultura, ganadería y química. El tercer eslabón involucrado es la **heladería o tejido** en donde las fibras o hilos se convierten en telas, este proceso puede llevarse a cabo de forma artesanal o manual en donde se utilizan herramientas para el tejido o puede ser un proceso más industrializado en donde las fibras pasan por procesos mecánicos, térmicos o químicos para su compresión (Ramírez Echeverri, 2010).



Imagen 16. Cadena de valor, industria de la moda y textil en México. Fuente: (Carrillo Fuentes, 2019)

Los inconvenientes que se pueden encontrar dentro de la extracción de materias primas, hilado y producción son:

- Efectos negativos en la salud de los trabajadores de la industria textil por el uso de sustancias peligrosas
- Liberación de microfibras que dañan la salud de las personas y que durante el proceso de producción se liberan y su destino es el océano, se estima que para el 2050 se podrían acumular 22 millones de toneladas en los cuerpos de agua.
- Las fibras sintéticas como el poliéster requieren de grandes cantidades de energía para poder ser fabricadas.
- Las fibras naturales requieren grandes cantidades de agua y también se involucra el uso de pesticidas, tan solo para el algodón se utiliza el 16% de todos los pesticidas en el mundo lo que equivale a 200,000 toneladas al año (Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation, 2014).

El cuarto y quinto eslabón es el de **diseño, tintorería y acabados** en donde se diseñan las prendas, se crean moldes y se realiza el teñido a las telas para darles el color deseado mediante procesos químicos y físicos que incluyen los siguientes procesos que se observan en la Imagen 17 (Arbona Cabrera, Cabrera Estrada, & Rosa Domínguez, 2018):

1. Aplicación de la solución con color al tejido.
2. Adsorción del colorante en el tejido.
3. Penetración del colorante desde el exterior del tejido hasta las fibras del interior.
4. Fijación del colorante en el tejido.
5. Lavado de los tejidos para la eliminación del exceso de colorante.

Durante este proceso se contaminan cuerpos de agua al momento de descargar los colorantes y los químicos utilizados a los lagos, ríos o mares, además que durante el lavado de las prendas aún se desprenden más cantidades de colorantes que no fueron impregnados en los tejidos. Asimismo, las emisiones de gases de efecto invernadero son un factor realmente preocupante ya que han aumentado a 1200 millones de toneladas de dióxido de carbono que se liberan al medio ambiente. Estas emisiones de CO_2 no terminan en las fábricas ya que se indica que lavar y secar ropa produce 120 millones de toneladas (Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation, 2014).

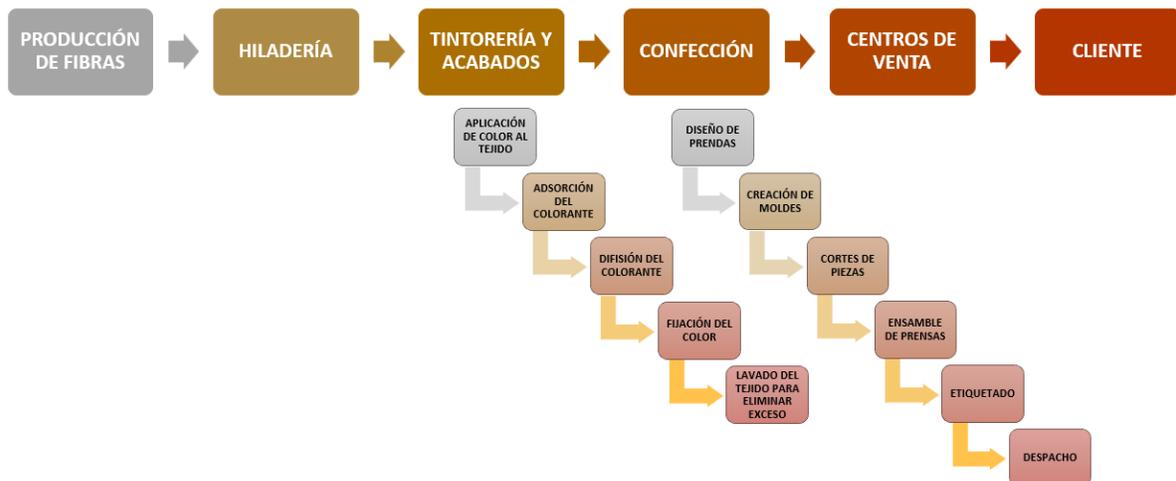


Imagen 17. Cadena de suministro general de la industria textil. Elaboración propia con base en información de (Arbona Cabrera, Cabrera Estrada, & Rosa Domínguez, 2018) (Ramírez Echeverri, 2010) y (Carrillo Fuentes, 2019)

Ya terminadas las telas se procede al sexto eslabón en donde se lleva a cabo el proceso de **confección** en el cual se trabajan las telas para formar las prendas finales, en la Imagen 18 se muestran los principales productos que se confeccionan en México. Durante este proceso las telas se cortan dependiendo de los moldes y el diseño, se ensamblan y se etiquetan para su disposición final en el centro de venta, según la Fundación Ellen MacArthur, el 12% de las fibras se desperdician durante estos procedimientos.

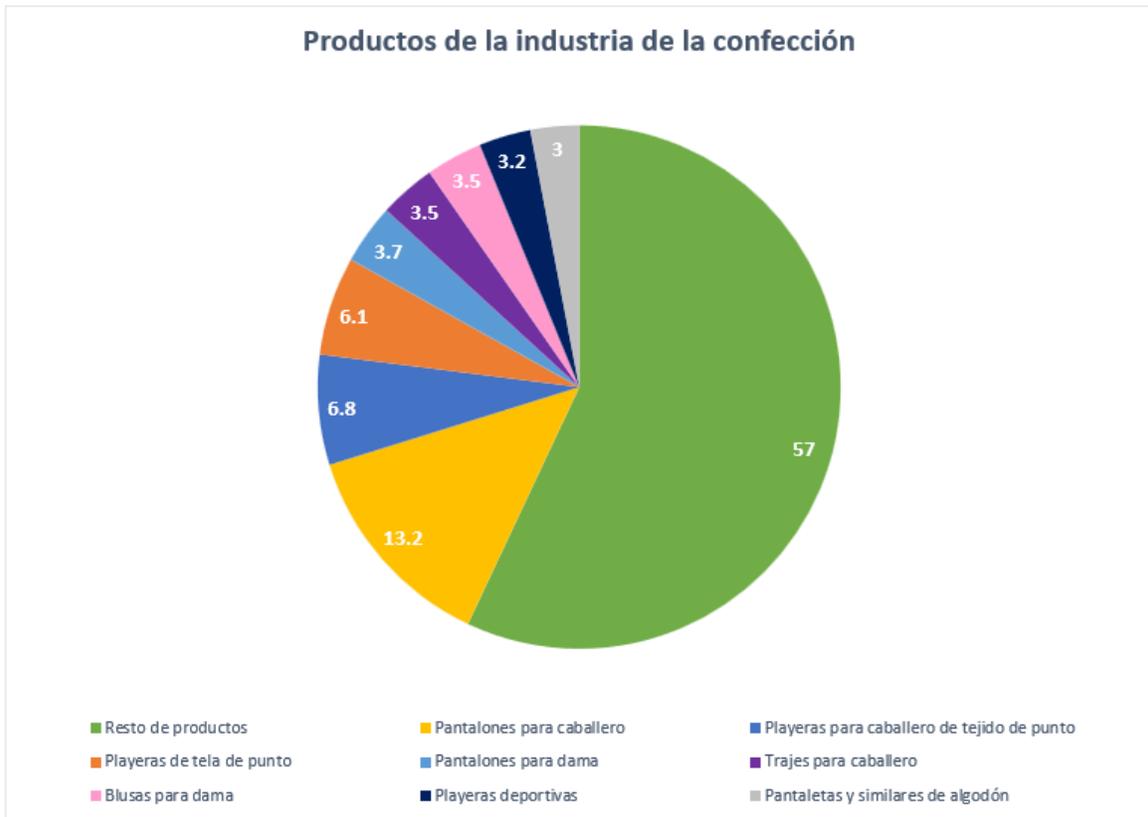


Imagen 18. Productos realizados por la industria de la confección en México durante el año 2019.
 Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020)

Una vez que las prendas llegan a los usuarios son utilizadas por un periodo de tiempo corto. Cuando las prendas son desechadas, menos de 1% se recicla, si la industria textil se compara con la industria del plástico, es la que menos recicla. Además, el poco porcentaje de las prendas que se reciclan no llegan a utilizarse dando el mismo valor a los materiales ya que las telas se usan como relleno de colchones, material aislante o paños de limpieza.

3.3 Manejo de residuos sólidos textiles

3.3.1 Definición y clasificación de los residuos

Un residuo se define como un bien o parte de él, que ya no se desea. Puede considerarse un residuo aquello que fue o no utilizado y que tiene intención de desecharse. Los residuos pueden dividirse según su estado como: sólidos que se

dividen entre orgánicos e inorgánicos, líquidos que generalmente se desechan a cuerpos de agua y gases (Semarnat, 2016). Los residuos deben tratarse de acuerdo con su clasificación, composición y nivel de peligrosidad según lo especifiquen las leyes de cada región o país, en México se trate de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Los residuos se pueden clasificar en: urbanos, agrarios, clínicos, radiactivos e industriales (Gómez Delgado, 1995), para este trabajo se utilizará la siguiente clasificación que presento Semarnat en el año 2016:

- Residuos Sólidos Urbanos (RSU)
- Residuos de Manejo Especial (RME)
- Residuos Peligrosos (RP)

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Este tipo de residuos son aquellos que se producen en los hogares diariamente, en los establecimientos o lugares públicos debido al consumo de productos. Dentro de los residuos sólidos urbanos se encuentran los orgánicos e inorgánicos, Gómez Delgado los clasifica de la siguiente manera (Gómez Delgado, 1995):

- Domiciliarios: desechos generales producidos en los hogares, cuando la ropa se tira dentro de los hogares, se considera dentro de esta clasificación.
- Domiciliarios voluminosos: se producen en los hogares, pero son aquellos que tienen un gran tamaño como muebles o electrodomésticos, por lo que no pueden ser recopilados del mismo modo que los de menor tamaño.
- Comerciales: que provienen por servicios que ofrecen los establecimientos.
- Por servicios públicos: provenientes de actividades como limpieza de vías públicas.
- Industriales: son residuos que se generan en industrias pero que se tratan

igual que los anteriores.

Las grandes cantidades de residuos que se generan en grandes ciudades es un reto, los cambios de consumo no han ayudado a mejorar las cifras ni mucho menos la urbanización. A nivel mundial se generan 1,300 millones de toneladas diarias de residuos y se estima que para el 2025 estas cifras se dupliquen llegando a los 2,200 millones. En México, en el año 2015, cada habitante generó 1.2 kg diariamente. En la Imagen 19 es notable cómo los países de alto ingresos y que pertenecen a la OCDE son los principales generadores de residuos.

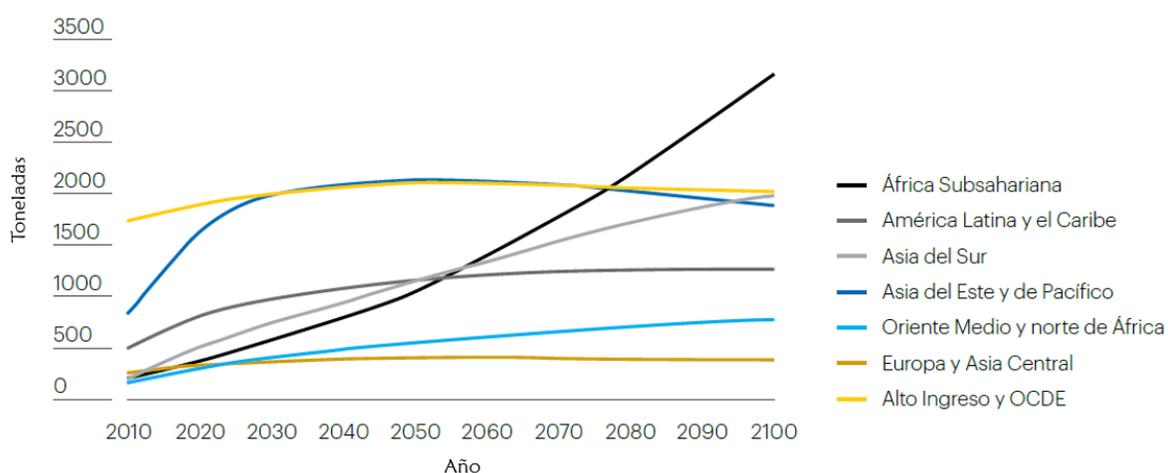
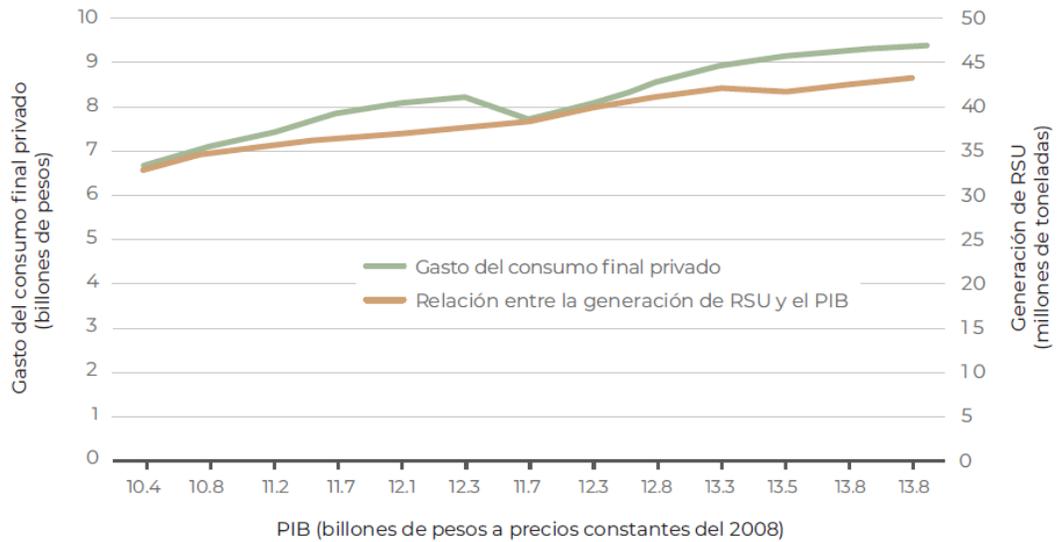


Imagen 19. Generación de Residuos Sólidos a nivel mundial Fuente: (Pietro, 2018)

En México, la producción de RSU para el 2017 se calculó en 44.6 millones de toneladas representando un aumento de 11.73 millones de toneladas más que en el año 2003 gracias al crecimiento de la población y al crecimiento de las economías. Las economías más grandes del mundo aportaron 44% de los residuos sólidos en el 2010, el 12% fue aportado por Latinoamérica y el Caribe (Semarnat, 2019).



Nota:
Los datos corresponden a los años 2003 al 2015.

Imagen 20. Relación entre RSU y el PIB en México. Fuente: (Semarnat, 2019)

En la Imagen 20 se puede observar la relación directa que existe entre el crecimiento del PIB de México con el incremento en la generación de residuos sólidos urbanos según informes del INEGI. También existe una relación entre la concentración de la población en ciertas regiones, por ejemplo, en la región Centro de México se han generado el 51.6% de los residuos por presentarse mayor población como se muestra en la Imagen 21.



Imagen 21. Generación de residuos en México en 2017. Fuente: (Semarnat, 2019)

El desafío que actualmente se presenta es el incremento de residuos que son muy peligrosos para la salud como electrónicos, neumáticos y plásticos. El promedio de Residuos Sólidos Urbanos Domiciliarios que genera una persona al día es de 0.6 kg, en donde más del 50% son residuos orgánicos (Imagen 22), que actualmente han ido a la baja dando espacio al incremento de residuos sólidos inorgánicos (Pietro, 2018).

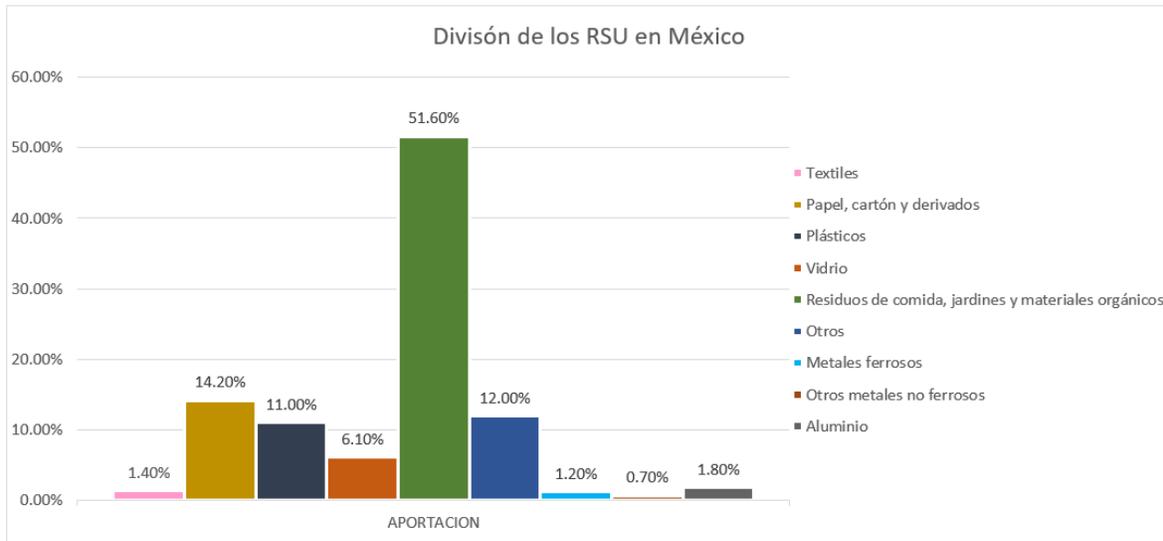


Imagen 22. División de los residuos sólidos urbanos en México del año 2017. Fuente: (Semarnat, 2019)

Tomando en cuenta únicamente a México, los residuos orgánicos están teniendo una baja contra los inorgánicos en los que se encuentra el papel y los plásticos como los más predominantes. Para el caso de los textiles se tiene una aportación del 1.4%. En cuanto a la recolección de los RSU se observa una variación en el porcentaje de recolección dependiendo del nivel de ingresos, los países pertenecientes a la OCDE casi alcanzan un 100% de recolección mientras que Latinoamérica y el Caribe está cerca de alcanzar el 80%. En la Imagen 23 se muestra que en la Ciudad de México se presenta una mayor concentración de recolección de RSU con 5.1 millones seguido del Estado de México con 4.5 millones y Jalisco con 2.7 millones.

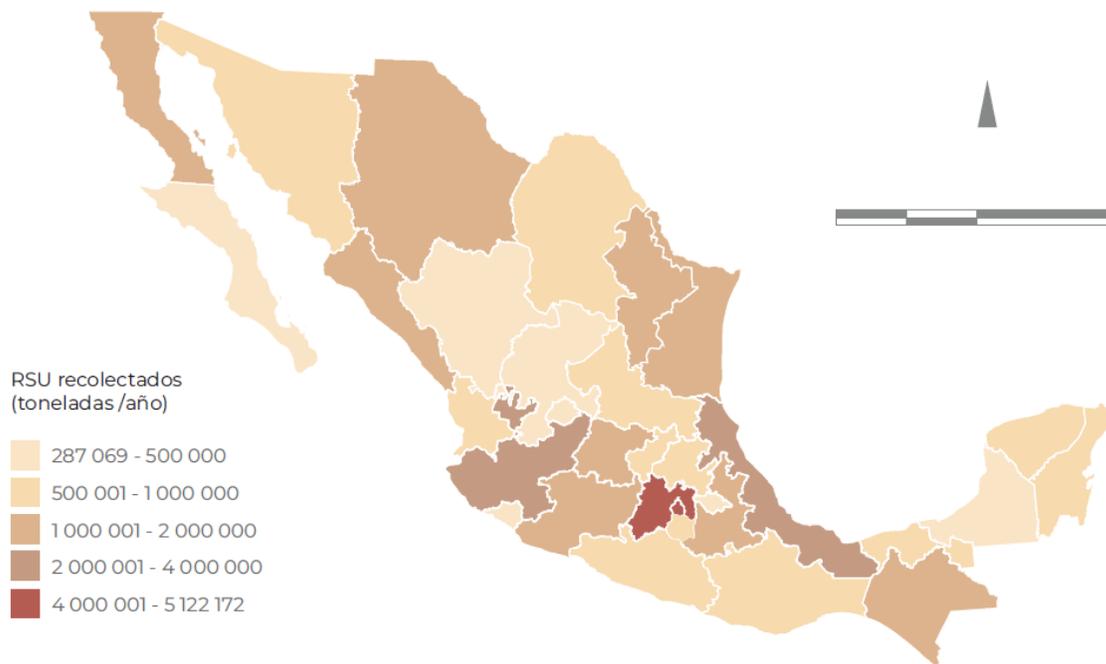


Imagen 23. Nivel de recolección de RSU en 2016. Fuente: (Semarnat, 2019)

RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

Se conocen por sus siglas como RME y son aquellos que se generan durante los procesos de producción, que no entran dentro de la clasificación de RSU como los electrodomésticos o vehículos automovilísticos, además también entran en los RME aquellos que no reúnen las características para considerarse como residuos peligrosos.

Datos presentados en el informe de Semarnat informan que entre el año 2006 y el año 2012 las excretas de ganado porcino y bovino rebasaron los 66 millones de toneladas, seguidos por el papel y cartón con más de 6 millones de toneladas y en tercer lugar se encuentra los residuos de demolición y construcción con un aporte mayor a los 535 millones de toneladas (Semarnat, 2016).

RESIDUOS PELIGROSOS

Los RP son aquellos que presentan algún riesgo para la salud de las personas y para el medio ambiente, cuando no se tratan de forma correcta pueden contaminar

cuerpos de agua o los suelos. En México un RP es aquel que tiene alguna de las siguientes características (Semarnat, 2016):

- Corrosivo
- Reactivos
- Explosivos
- Tóxicos
- Inflamables
- Biológicos infecciosos

Dentro de esta clasificación se pueden encontrar residuos como materiales hospitalarios, productos químicos, baterías y pilas, etc. Para todo tipo de residuo es importante contar con un buen manejo de ellos, pero los residuos peligrosos pueden causar graves daños si no se manejan de forma correcta, estos necesitan tener una disposición especial.

3.3.2 Clasificación de los residuos sólidos textiles

Es importante mencionar cómo se clasifican los textiles para dimensionar la cantidad de residuos sólidos que se pueden producir al desechar una prenda. Las prendas textiles se encuentran elaboradas de una o más tipos de fibras que tienen una composición diferente. Las fibras se pueden clasificar de acuerdo con su origen y propiedades como se muestra a continuación (Imagen 24):

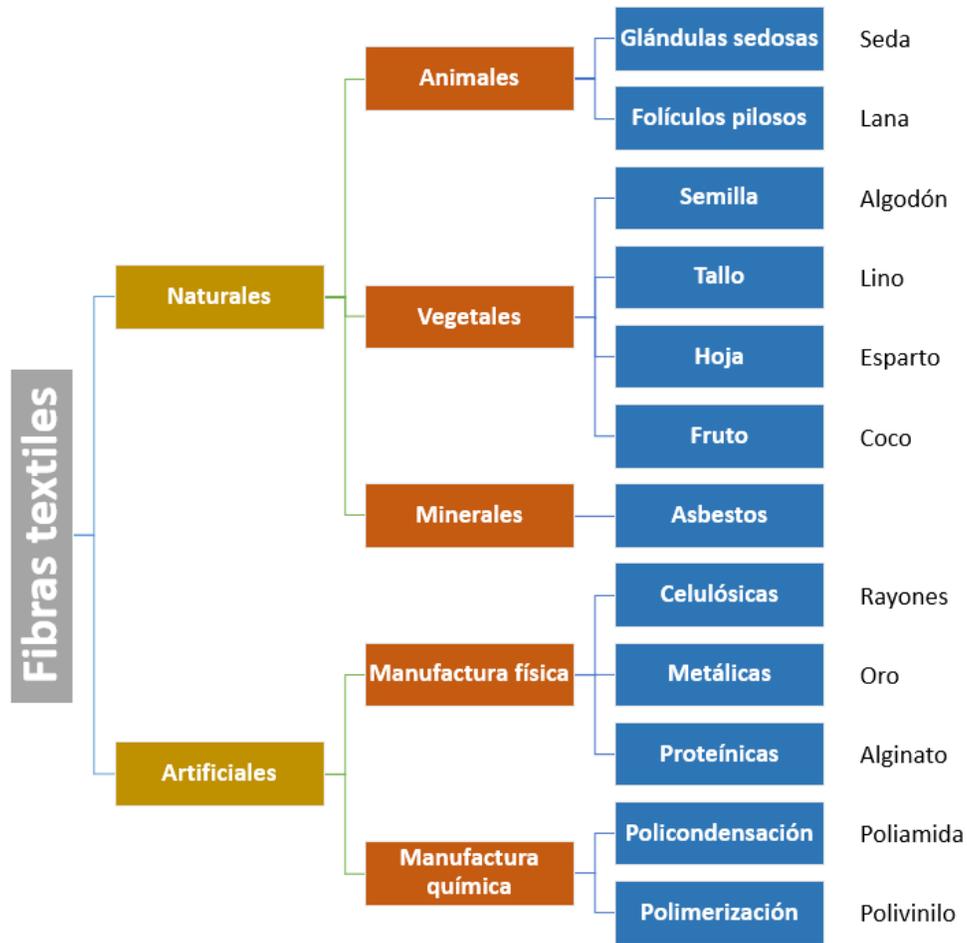


Imagen 24. Clasificación de las fibras textiles. Fuente: Elaboración propia

Los RST se pueden clasificar según su función en la producción (María, 2021). El primer tipo se conoce como residuo post industrial que se refiere a los residuos que son resultado de la manipulación de los tejidos al momento de la confección. El segundo tipo son los residuos preconsumo, es decir, aquellas prendas que no llegaron al mercado por tener defectos o que no fueron adquiridas por los clientes por lo que se van a centros de donación o se queman. El tercer tipo son los residuos posconsumo y son aquellos que resultan después de la compra y uso.

3.3.3 Manejo de los RS textiles

La disposición de los residuos sólidos se maneja en diferentes etapas con el fin de minimizar los impactos que puedan ocasionar al medio ambiente. Semarnat

menciona que los costos de operación para la disposición final de los residuos es un tercio de los recursos financieros destinados a abatir la contaminación (Semarnat, 2016) y entre mayor volumen de residuos más recursos se requieren. Las etapas se dividen como se muestra en los siguientes puntos:

1. Recolección

La primera etapa para el manejo de los RSU es la recolección por medio de un servicio público. Los residuos se recogen desde las casas, los comercios u otros lugares y se trasladan para ser clasificados y tratados según corresponda. Es importante mencionar que no en todas las ciudades y países se tienen los servicios de recolección disponibles para toda la población por lo que en varios lugares los residuos terminan en las calles y en los sistemas de alcantarillado que pueden llegar a cuerpos de agua. Para los países de bajos ingresos solamente se recolecta el 45% comparado con el 98% de recolección que tienen los países de altos ingresos y el porcentaje también depende de si las zonas son rurales o urbanas ya que la recolección se facilita cuando existen buenas condiciones de infraestructura. A nivel nacional la recolección de RSU ha ido incrementando conforme los años, debido a que más estados se han incluido en los planes de recolección.

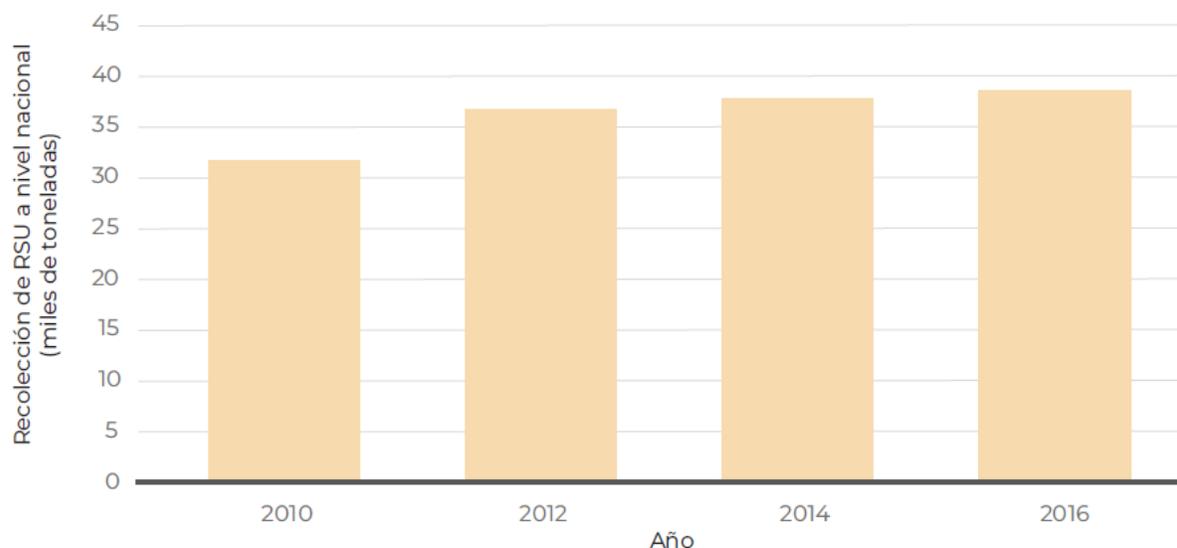


Imagen 25. Recolección de residuos sólidos a nivel nacional el año 2010-2016. Fuente: (Semarnat, 2016)

2. Reciclaje

El reciclaje es un proceso en donde se pretende convertir o transformar los productos o sus componentes en otros antes de ser desechados. Los principales materiales que se reciclan son papel, cartón y vidrio. Para el reciclaje se necesita recolectar los materiales antes de ser desechados para poder clasificarlos y transformarlos de acuerdo con los procedimientos que las empresas tengan establecidos. Para el año 2012 se registró en México una recolección de tan solo 9.6% del total de residuos que se generaron. En ese mismo año Corea del Sur fue el país que más porcentaje de residuos recicló alcanzando casi un 60%, en cambio Turquía logró menos del 10% (Semarnat, 2016). Datos de INEGI muestran que en el 2018 los plásticos fueron los materiales que en mayor cantidad llegaron a centros de acopio para su correcta separación y reciclaje, seguido el fierro, lamina y acero.



Imagen 26. Materiales separados y colectados en un centro de acopio en 2018. Fuente: (Inegi, 2018)

Los textiles también son donados a diferentes organizaciones, existen empresas como Grupo Inditex que recolectan la ropa que sus clientes ya no quieren y después clasifican las que se encuentran en buen estado para ser entregadas a quien lo necesite. Por otra parte, existe un reciclaje de textiles que sí incluye un proceso de manufactura para su cambio y pueden producirse paños de limpieza, rellenos de asientos o como indumentaria, dependiendo del material con el que estén fabricados sus fibras. En el caso de la ropa compuesta por algodón se destina hacia la creación de nuevas telas absorbentes y permeables, la seda se utiliza para fabricar paños de limpieza y pulido y la lana para materiales de aislamiento (García Acosta, 2018).

El proceso de reciclado para los textiles comienza con una clasificación de las prendas en donde se evalúa si son aptas para entrar a un proceso de fabricación. Ya aceptados en el proceso comienza la segunda etapa en donde se hace una reclasificación para separar las prendas de acuerdo con su composición y a su color. Como las prendas están compuestas con más de un material, se vuelve difícil hacer una separación de acuerdo con su composición y no se cuenta aún con tecnología avanzada que permita separar todos los tipos de fibra. Parte de lo que propone la Economía Circular es pensar antes de crear e incorporar el ecodiseño, es decir, diseñar de forma que al final del uso, sea más sencillo incorporar los desechos a un nuevo ciclo de producción.



Imagen 27. Proceso de reciclado de textiles. Fuente: elaboración propia con base en la información de (García Acosta, 2018)

Una vez clasificados por composición, se limpian de aquellos materiales que no forman parte de las fibras textiles como los botones, cierres, estoperoles u alguna otra aplicación. El paso siguiente es despedazar las prendas para convertirlas en fibras, en algunos tipos de fibra como el poliéster se forman pellets para después

ser usados de nuevo en la confección. Las fibras se vuelven a separar según sea su destino y se limpian de cualquier impureza que se haya pasado en la trituración para posteriormente pasar al proceso de hilado.

3. Disposición final

La disposición final de los residuos se refiere a su depósito en sitios designados como basureros, vertederos o rellenos sanitarios. Es importante que los lugares establecidos para el confinamiento de los residuos cumplan con las normas sanitarias para evitar que los gases generados y los lixiviados afecten el ambiente. A continuación, se presenta una tabla (Imagen 28) en la cual se muestra la cantidad en toneladas por día de residuos que se destinan a los rellenos sanitarios para México. Los dos principales destinos de los residuos son los servicios privados y públicos de limpieza.

	Sujeto a PM (t/día)	No sujeto a PM (t/día)
 Servicio privado de limpia	441.86	4.43
 Servicio público de limpia	34.33	14.04
 Relleno sanitario	17.42	0.07
 Central de transferencia	7.62	0
 Aprovechamiento	35.10	0.44
 Otro destino	3.72	0.06

Fuente: Sedema

Imagen 28. Disposición final de los residuos reportados en México. Fuente: (SEDEMA, 2021)

Semarnat también muestra (Imagen 29) que el mayor porcentaje de residuos sólidos urbanos desechados en sitios no controlados proviene de localidades rurales o semiurbanas y el menos porcentaje los aportan las zonas metropolitanas.

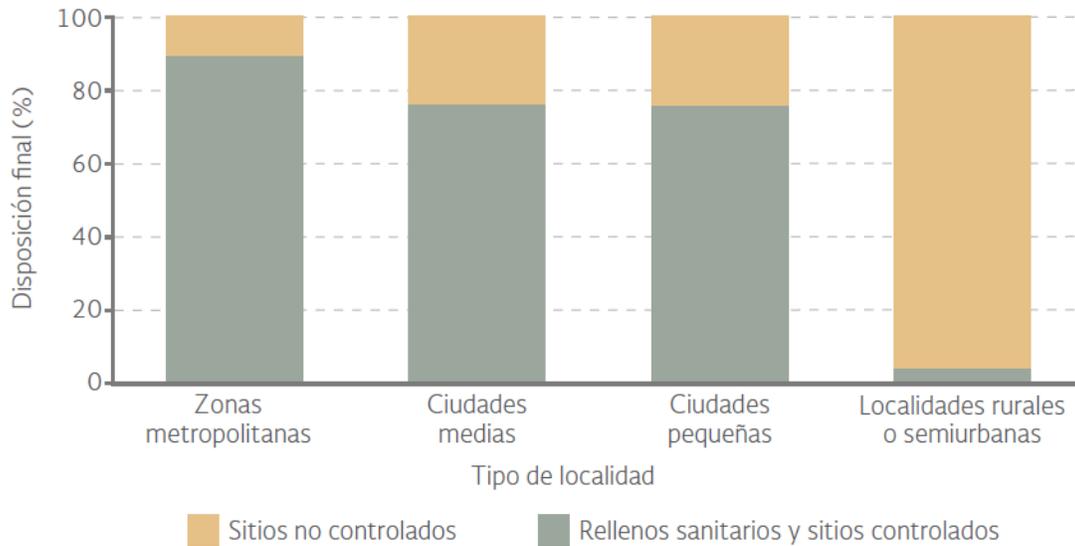


Imagen 29. Disposición final de los residuos sólidos urbanos en México hasta el 2013 por tipo de localidad. Fuente: (Semarnat, 2016)

Esto se atribuye a la mala gestión de los servicios de recolección de residuos que no están establecidos en todos los tipos de localidad. Es necesario que exista una formación sobre las opciones que se tienen sobre los residuos y no únicamente la disposición final, además de proporcionar sistemas de recolección adecuados para todo el país.

3.3.4 Normativas gubernamentales de los RS textiles

El gobierno de México se ha encargado de establecer leyes y normas que permitan regular los desechos de los residuos alineados con los artículos que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos marca. En el informe del 25 aniversario de CEMDA se mencionan las siguientes leyes importantes para los residuos y también para incluir una economía circular (Carrillo Fuentes, 2019):

- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

La ley establece un marco de información sobre los asuntos ambientales dirigido a mantener un equilibrio ecológico para asegurar la protección del ambiente. Su objetivo es buscar el desarrollo sostenible regulando el funcionamiento de los

sistemas de recolección y disposición final de los residuos, incluyendo los de manejo especial.

También se tratan temas de contaminación atmosférica, de cuerpos de agua y de la economía circular enfocada en el sector textil. Dentro de la ley se habla sobre la Licencia Ambiental Única conocida como LAU por sus siglas, que se tramita cada que un establecimiento del sector textil comienza sus operaciones.

- Ley de Aguas Nacionales

Se encarga de regular el manejo de las cuencas de agua y de su desarrollo sostenible para preservar su calidad, así como del manejo de las aguas residuales que se descargan o se utilizan para otros fines. Administra de forma integral el recurso cuidando su explotación, distribución, uso y aprovechamiento. Para el sector textil, la Ley de Aguas Nacionales cobra relevancia por el desagüe de aguas residuales que contienen fibras y colorantes, resultado de lavar las telas y las prendas. Esta Ley establece los límites máximos permitidos que pueden arrojarse a cuerpos de agua y al sistema de alcantarillado.

- Ley General para la Prevención y Gestión de los Residuos

Establece el derecho a un medio ambiente adecuado a través de la gestión integral de los residuos y de su valorización. También se encarga de manejar los residuos peligrosos, residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial disminuyendo la contaminación de zonas para la mala gestión (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, 2016). En esta Ley se evalúan criterios como la economía, tecnología y eficiencia ambiental buscando mejorar las acciones que prevengan el mal manejo de los residuos y aumentando la participación de la sociedad y las empresas en la correcta disposición de los desechos.

Aún se necesita un marco legal que se adapte mejor a un modelo de economía circular estableciendo leyes en cada uno de los eslabones de la cadena y no solo en el manejo de residuos ya que se han desechado, incluyendo políticas que incorporen el diseño de productos sostenibles y fáciles de reintegrar a la cadena de

suministro, además de la enseñanza de nuevos modelos de economía, como la economía circular.

3.4 Problemáticas presentes en la industria textil

3.4.1 Crecimiento poblacional

La población a nivel mundial ha ido en aumento con el paso de los años. Para 1987 se contaban 5000 millones de habitantes, en 1999 ya se alcanzaban los 6000 millones y para el 2011 se tenían 7000 millones, se estima que para el 2050 la población alcance los 9700 millones. Los países en donde se concentra el mayor número de población son India y China, el continente de Asia tiene el 61% de la población (Naciones Unidas, 2022).

El aumento de desechos textiles arrojados al medio ambiente es atribuido en una parte al aumento de la población por el incremento en el uso de prendas por habitante y la capacidad económica de cada uno. El crecimiento de las industrias igualmente se ha visto favorecido con el incremento de la población y el crecimiento de la economía, ocasionando mayor demanda de productos e incrementando la fabricación de los textiles.

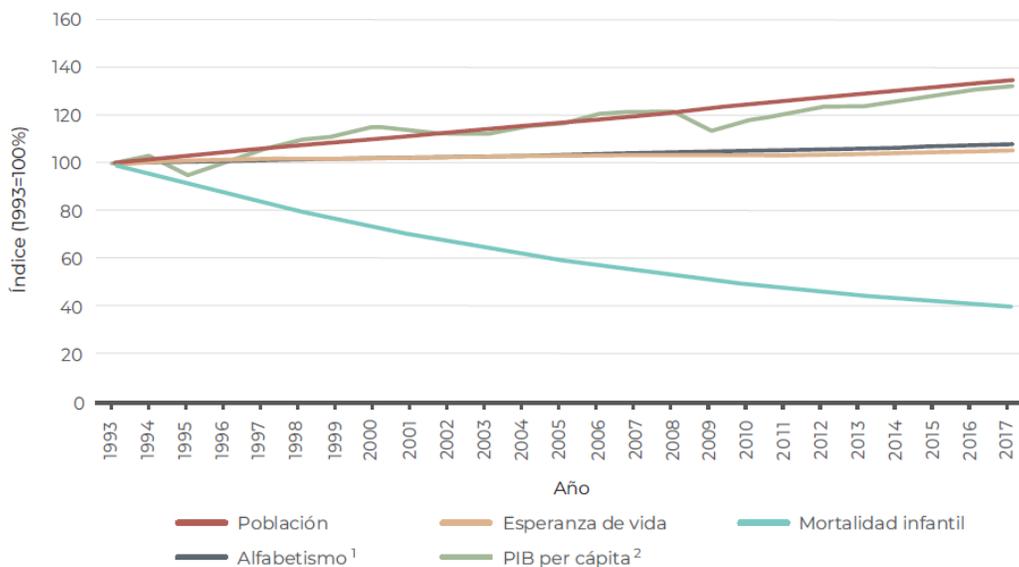


Imagen 30. Cambios en variables económicas y sociales. Fuente: (Semarnat, 2019)

La Imagen 30 muestra cómo la población ha crecido en un factor mayor que el PIB per cápita, mientras que la mortalidad infantil ha disminuido logrando que más población llegue a una edad reproductiva generando un aumento en la población. En la Imagen 31 se observa como el incremento de la población año con año está relacionado con el incremento de la extracción de materiales, las emisiones de CO_2 y la generación de residuos sólidos. La descarga de aguas residuales igualmente ha ido en aumento contaminando cuerpos de agua, por otra parte, la superficie terrestre de bosques y selvas ha disminuido.

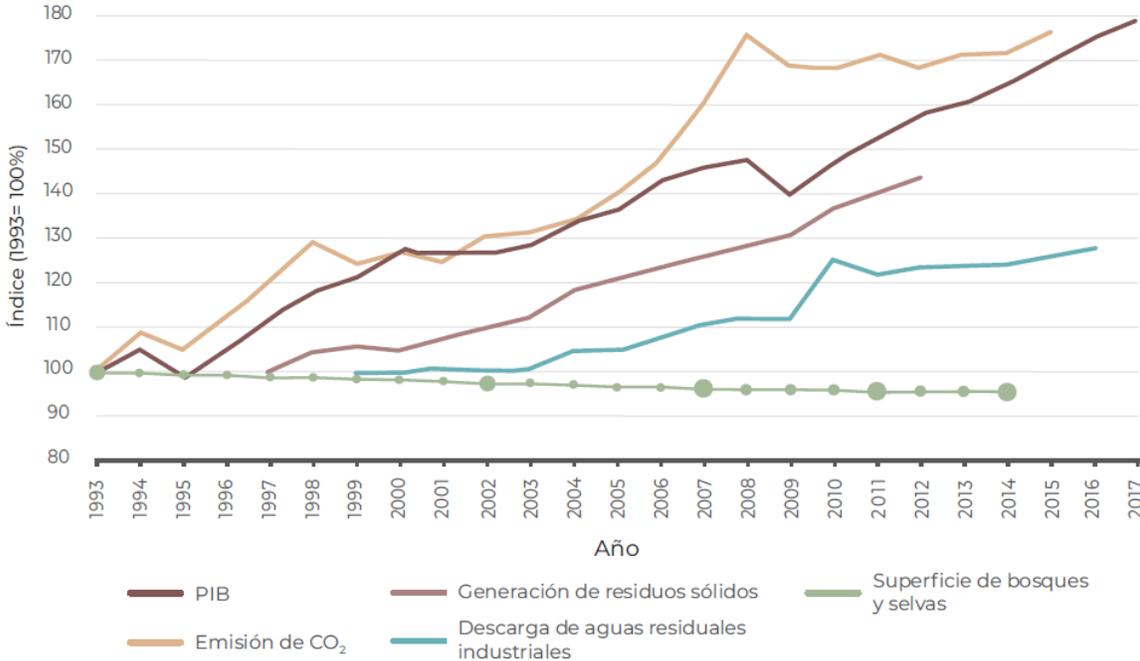


Imagen 31. Cambio en variables ambientales. Fuente: (Semarnat, 2019)

En datos para México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía informa que es el onceavo país con mayor población en el mundo y desde 1910 se ha tenido un crecimiento de casi 8 veces. También se menciona que la tasa de crecimiento ha disminuido debido a la reducción de fertilidad bajando a 1.15% anual entre el año 2000 y 2015 y aun así se espera un crecimiento de población estimando un total de 150.8 millones. En la Imagen 32 se aprecia cómo la población sigue aumentando y la proyección para el 2050 supera los 150 millones de habitantes mientras la tasa de crecimiento disminuye.



Imagen 32. Tasa de crecimiento en México y población. Fuente: (Semarnat, 2019)

3.4.2 Tendencias de consumo (moda rápida)

El sistema de consumo actual está bajo un concepto conocido como moda rápida o *fast fashion* que se basa en la rapidez con la que se vende la ropa a los clientes. Este modelo se logra apresurando los procesos de fabricación y distribución, haciendo una cadena de suministro más corta en tiempos. La moda textil se vio beneficiada con el concepto de Justo a tiempo ya que permitió a las empresas cumplir con la demanda en el tiempo en que ésta se presentaba. Ahora las prendas que se exhiben en tiendas tienen una corta duración, aproximadamente de dos meses (Martinez Barreiro, 2008), lo que genera compras apresuradas para seguir las tendencias de cada temporada, además a esto se le agregó la característica de bajos precios lo que permite a los clientes comprar con mayor rapidez.

El modelo económico lineal bajo el cual vive la moda rápida no solo ha generado un incremento en la cantidad de residuos, sino que se ha perdido el valor de cada material al ser usado por un tiempo más corto que su vida útil inicial. La extracción de materias primas se está explotando sin tener un fin verdaderamente útil por un largo tiempo, el tiempo de uso de la ropa ha disminuido en un 36%, tan solo en China se tiene un 70% menos de tiempo de utilización (Ellen Macarthur Foundation,

2022), en conclusión, las tendencias de consumo quitan valor a los materiales y a los recursos naturales.

3.4.3 Dificultades en el manejo de la ropa interior

Como se mencionó en el primer capítulo, existen diferentes alternativas para el reciclaje de ropa gracias a la ayuda de recolección de las propias tiendas o de la sociedad. Dentro de las mejores formas de evitar la generación de residuos y reciclar se encuentra el proceso en donde las tiendas de ropa se convierten en un centro de recolección de prendas usadas que son evaluadas según su condición para ser donadas o enviadas para su reciclaje. La venta de ropa de segunda mano a través de páginas en redes sociales como Facebook, Instagram o Twitter ha ayudado a comercializar prendas usadas que siguen en un buen estado dando más valor a los materiales y alargando la vida útil además de ser más accesible para poblaciones de menos recursos.

Por otra parte, las empresas también han comenzado a incorporar materiales reciclados para fabricar nuevas prendas y se pueden encontrar indicadas en sus etiquetas, también se están tomando conciencia sobre la facilidad de reciclar prendas que estén hechas 100% con un solo material. En la Imagen 33 se muestra un ejemplo de etiqueta en donde indica la composición de la prenda señalando una fabricación más consciente.



Imagen 33. Etiqueta de H&M con indicación de composición de la prenda. Fuente: H&M

Generar conciencia sobre el donar o reciclar es un comienzo para el problema de los residuos textiles más desechados. Desafortunadamente también se cuenta con una problemática en prendas que no pueden ser tan fácilmente donadas como lo es la ropa interior ya que es una prenda de uso personal que por condiciones de higiene es más difícil regalarla o donarla y sobre todo venderla. Además, se añade que este tipo de prendas están compuestos de materiales diferentes, lo que hace complejo el proceso de separación de los materiales y su reciclaje puede volverse imposible.

CAPÍTULO 4. IDENTIFICACIÓN DE CAMPOS DE ACCIÓN EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE ROPA INTERIOR Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE LOGÍSTICA INVERSA Y ECONOMÍA CIRCULAR INCORPORADAS A LA CADENA DE SUMINISTRO

4.1 Estrategias de Economía Circular en la cadena de suministro textil

La actual cadena de suministro lineal de la industria textil tiene muchas áreas de oportunidad que la Economía Circular puede ayudar a mejorar, para esto es necesario lograr un trabajo en conjunto con todos los participantes de la cadena. Lograr una transformación requiere tiempo y una participación colaborativa. Para un cambio significativo se necesita la participación de los tres entornos principales:

1. Empresa
2. Sociedad
3. Gobierno

Establecer una alineación entre los tres entornos es una tarea compleja que la EC intenta ajustar, esto se puede lograr a través de sentar una visión hacia una nueva industria textil añadiendo a la sostenibilidad como uno de los pilares para cada entorno. El enfoque de esta tesis se centra en un entorno empresarial y en las actividades que la industria podría realizar a lo largo de su cadena de suministro, aunque las estrategias también incluyen participación de la sociedad y gobierno como un conjunto.

En este último capítulo se abarca toda la cadena de suministro establecida en el tema 3.2 (La cadena de suministro de la industria textil) para proponer las estrategias que pueden utilizarse en cada una de ellas bajo el modelo de la EC. En este trabajo se selecciona como caso de estudio, la empresa textil Zara por

pertenecer a Grupo Inditex, líder mundial en distribución de la moda y principal representante de la moda rápida.



Además, se tomó una muestra de 40 prendas de ropa interior de Zara en su página web (www.zara.com/mx/es/woman-lingerie) para enlistar los materiales de los que se componen. Como ejemplo también se toma una muestra de 40 prendas de la empresa Ilusión (www.ilusion.com) para mostrar los materiales más comunes de los que se compone la ropa interior considerando únicamente prendas de mujer.

ZARA

COMPOSICIÓN, CUIDADOS & ORIGEN

COMPOSICIÓN

Trabajamos con programas de seguimiento para garantizar el cumplimiento de nuestros estándares sociales, medioambientales y de seguridad y salud de nuestras prendas.

Para evaluar su cumplimiento hemos desarrollado un programa de auditorías y planes de mejora continua.

EXTERIOR

TEJIDO PRINCIPAL

60% poliamida

40% elastano

TEJIDO SECUNDARIO

65% poliamida

35% elastano



Imagen 34. Ejemplo de composición de una prenda en la tienda de ropa Zara.

Empresa	Numero de prenda	Bra/Top	Numero de prenda	Panties
ILUSION	PRENDA1	ALGODÓN (50);POLIÉSTER (50)	PRENDA21	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)
ILUSION	PRENDA2	POLIAMIDA (63);POLIÉSTER (25); ELASTANO (12)	PRENDA22	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)
ILUSION	PRENDA3	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)	PRENDA23	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)
ILUSION	PRENDA4	POLIAMIDA (63);POLIÉSTER (25); ELASTANO (12)	PRENDA24	POLIAMIDA (83);ELASTANO (17)
ILUSION	PRENDA5	POLIÉSTER (89);VISCOOSA (6);ELASTANO (5)	PRENDA25	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)
ILUSION	PRENDA6	POLIAMIDA (87);ELASTANO (13)	PRENDA26	POLIAMIDA (89);ELASTANO (11)
ILUSION	PRENDA7	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)	PRENDA27	POLIAMIDA (93);ELASTANO (7)
ILUSION	PRENDA8	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)	PRENDA28	ALGODON (93);ELASTANO (7)
ILUSION	PRENDA9	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)	PRENDA29	POLIAMIDA (82);ELASTANO (18)
ILUSION	PRENDA10	POLIAMIDA (87);ELASTANO (13)	PRENDA30	POLIAMIDA (88);ELASTANO (12)
ILUSION	PRENDA11	POLIAMIDA (44);POLIÉSTER (43); ELASTANO (13)	PRENDA31	POLIAMIDA (59);ELASTANO (41)
ILUSION	PRENDA12	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)	PRENDA32	POLIAMIDA (82);ELASTANO (18)
ILUSION	PRENDA13	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)	PRENDA33	POLIAMIDA (89);ELASTANO (11)
ILUSION	PRENDA14	POLIAMIDA (82);ELASTANO (18)	PRENDA34	POLIAMIDA (82);ELASTANO (18)
ILUSION	PRENDA15	POLIAMIDA (75);ELASTANO (25)	PRENDA35	POLIAMIDA (87);ELASTANO (13)
ILUSION	PRENDA16	POLIAMIDA (86);ELASTANO (14)	PRENDA36	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)
ILUSION	PRENDA17	POLIAMIDA (87);ELASTANO (13)	PRENDA37	POLIAMIDA (87);ELASTANO (13)
ILUSION	PRENDA18	POLIAMIDA (89);ELASTANO (11)	PRENDA38	ALGODON (93);ELASTANO (7)
ILUSION	PRENDA19	POLIAMIDA (86);ELASTANO (14)	PRENDA39	POLIAMIDA (87);ELASTANO (13)
ILUSION	PRENDA20	POLIAMIDA (86);ELASTANO (14)	PRENDA40	POLIAMIDA (85);ELASTANO (15)
ZARA	PRENDA41	SEDA (99);ELASTANO (1)	PRENDA61	SEDA (99);ELASTANO (1)
ZARA	PRENDA42	POLIÉSTER (100)	PRENDA62	POLIÉSTER (92);ELASTANO (8)
ZARA	PRENDA43	POLIAMIDA (89);ELASTANO (11)	PRENDA63	POLIAMIDA (89);ELASTANO (11)
ZARA	PRENDA44	MODAL (90);ELASTANO (10)	PRENDA64	POLIAMIDA (60);ELASTANO (40)
ZARA	PRENDA45	SEDA (92);ELASTANO (8)	PRENDA65	POLIAMIDA (60);ELASTANO (40)
ZARA	PRENDA46	MODAL (90);ELASTANO (10)	PRENDA66	POLIAMIDA (60);ELASTANO (40)
ZARA	PRENDA47	POLIAMIDA (92);ELASTANO (8)	PRENDA67	LANA (100)
ZARA	PRENDA48	POLIAMIDA (93);ELASTANO (7)	PRENDA68	SEDA (92);ELASTANO (8)
ZARA	PRENDA49	POLIAMIDA (93);ELASTANO (7)	PRENDA69	SEDA (92);ELASTANO (8)
ZARA	PRENDA50	POLIAMIDA (93);ELASTANO (7)	PRENDA70	POLIAMIDA (92);ELASTANO (8)
ZARA	PRENDA51	POLIAMIDA (93);ELASTANO (7)	PRENDA71	POLIAMIDA (92);ELASTANO (8)
ZARA	PRENDA52	POLIAMIDA (93);ELASTANO (7)	PRENDA72	POLIAMIDA (92);ELASTANO (8)
ZARA	PRENDA53	POLIAMIDA (89);ELASTANO (11)	PRENDA73	LANA (100)
ZARA	PRENDA54	POLIAMIDA (89);ELASTANO (11)	PRENDA74	POLIAMIDA (92);ELASTANO (8)
ZARA	PRENDA55	POLIAMIDA (89);ELASTANO (11)	PRENDA75	POLIAMIDA (92);ELASTANO (8)
ZARA	PRENDA56	POLIAMIDA (93);ELASTANO (7)	PRENDA76	POLIAMIDA (92);ELASTANO (8)
ZARA	PRENDA57	SEDA (92);ELASTANO (8)	PRENDA77	LANA (100)
ZARA	PRENDA58	POLIAMIDA (93);ELASTANO (7)	PRENDA78	SEDA (92);ELASTANO (8)
ZARA	PRENDA59	SEDA (99);ELASTANO (1)	PRENDA79	POLIAMIDA (60);ELASTANO (40)
ZARA	PRENDA60	POLIAMIDA (93);ELASTANO (7)	PRENDA80	POLIAMIDA (60);ELASTANO (40)

Tabla 2. Listado de prendas con detalle de composición de la empresa Zara e Ilusión

Como se muestra en la Tabla 2, el 72.5% de las 80 prendas listadas se componen de una mezcla de poliamida y elastano, por lo que serán los materiales en el que se centren las estrategias para la primera parte de la CS “Materia prima, fibras e hilado y tejido” tomando como ejemplo la prenda de la Imagen 34.

Actualmente Zara ya cuenta con acciones para tratar el tema de la sostenibilidad como las que se listan en el Tema 1.2 (Estrategias creadas para el manejo de los residuos), aun así, entrar en un sistema de EC requiere un trabajo más allá de ciertas mejoras o solo algunas empresas que lo apliquen. Es por esto por lo que las propuestas se enfocan de forma general a empresas que necesitan mejorar su trabajo en cuanto a sostenibilidad o que decidan comenzar a incorporar este pilar en su modelo de negocio, usando como guía las propuestas a continuación descritas para cada eslabón.

4.1.1 Materia prima, fibras e hilados, tejido y acabados.

La empresa Zara obtiene su materia prima directamente de diversos proveedores primarios que le entregan las telas y diversa mercería como botones, decoraciones y cierres ya en un estado final, es decir, Zara no maneja directamente la materia prima para hacer las telas, por lo que no pasa por el proceso de fibras e hilados, tejidos y acabados, sino que pasa directo al proceso de diseño y después a la confección.

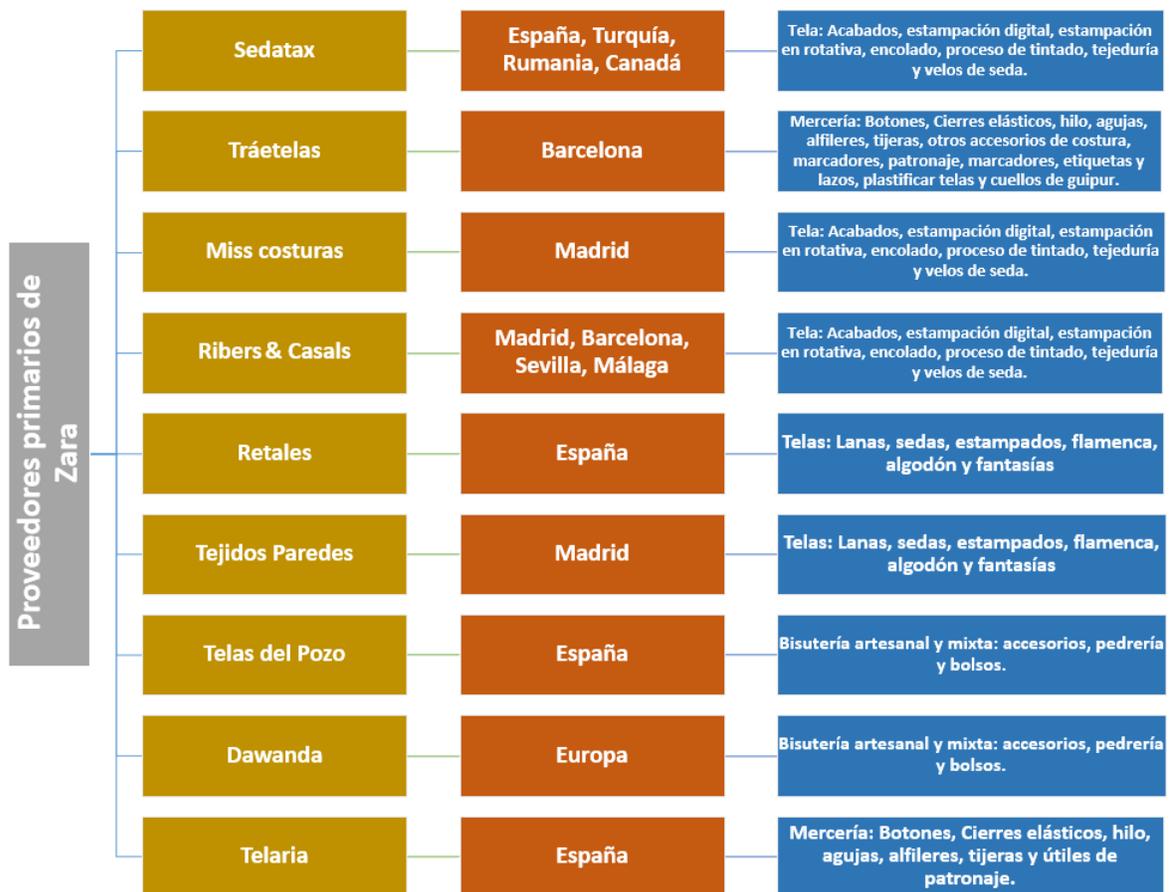


Imagen 35. Principales proveedores de Zara. Fuente: (Buitrago, y otros, 2021)

En este apartado se proponen estrategias de EC disminuyan el impacto en el medio ambiente por la extracción de materia prima y que durante los procesos de hilado y tejido exista una menor cantidad de desperdicios y contaminación.

- Bajo las 7 R's de la economía circular, la materia prima con la que se fabrican

las prendas debe tener la posibilidad de reciclarse, es decir que usando esos materiales como recurso sea posible volver a fabricar otro producto, para el caso de la ropa interior se debe enfocar el esfuerzo en la poliamida, elastano y algodón.

- Utilizar más fibras naturales vegetales para la fabricación de fibras textiles que provengan de cultivos orgánicos, en especial el algodón como principal componente de la ropa interior ya que este material es el más apto para la salud íntima por sus propiedades hipoalérgicas añadiendo que es transpirable y en cuanto a la producción absorbe más fácilmente los tintes (Slow Fashion Next, 2023). La fabricación de algodón convencional produce 3.5 veces más dióxido de carbono (CO_2) que una producción de algodón orgánico (Neira Lopez, 2022), además de que se necesita el uso de pesticidas y grandes cantidades de agua.
- Eliminar el uso de fibras naturales de origen animal, ya que el impacto del sector ganadero en cuanto a producción de Dióxido de Carbono (CO_2) es de un 18%, igualando la emisión de gases que el sector de transporte según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Trabajar en conjunto con los agricultores para lograr cultivos de materias primas más sostenibles. Existen diferentes áreas de oportunidad durante el cultivo de la materia prima para la fabricación de fibras como la gestión de fertilizantes, la aplicación de cultivos de rotación que disminuyan el impacto en los nutrientes de la tierra o la mejora en los procesos de riego para hacerlos más eficientes. Para la ropa interior se recomienda trabajar con cultivos de algodón sostenible.
- Invertir en investigación para innovación de materiales que faciliten su reciclaje al final de su vida útil y que tengan menos impacto al ambiente durante su fabricación, como se ha mencionado, las combinaciones de diferentes fibras en la ropa interior son frecuentes, por lo que la investigación podría buscar materiales que permitan lograr los diseños actuales con las

mismas propiedades elásticas y que faciliten la separación de fibras.

- Bajo el tercer principio de la EC, toda la materia prima utilizada para fabricar los textiles (ropa interior) debe entrar en la clasificación de desechable biodegradable o durable reutilizable con el fin de facilitar los retornos a la cadena en caso de ser desechable o alargar su vida útil para que la prenda pueda ser utilizada por un largo periodo de tiempo bajo diferentes funciones.
- Crear oportunidades comerciales entre empresas para un mejor aprovechamiento de la materia prima, ya que, bajo un modelo de EC, el desecho de una empresa puede ser el insumo de otra. Por ejemplo, para las empresas que tiran ciertas cantidades de tela que sobra por los moldes, otra empresa logra ocupar esos trozos, en especial para ropa de un tamaño más pequeño como lo es la ropa interior. Zara y otras empresas que tengan una línea de ropa conformada por diferentes prendas pueden utilizar las sobras para fabricar ropa interior, o generar convenios con otras empresas para que se minimicen los residuos de tela.
- Para la compra de insumo terminado como es el caso de Zara, la propuesta se basa en la selección de los proveedores. Cada empresa debe hacerse responsable de las relaciones comerciales que establece por lo que debe asegurarse que sus proveedores operen bajo el marco de la EC de tal forma que los materiales comprados para la fabricación de la ropa interior provengan de fuentes que no impacten al medio ambiente, como proveedores que trabajen de la mano con agricultores que cultivan algodón sostenible.
- Utilizar solo un tipo de fibra durante el proceso de hilado y tejido, ya sea natural o sintética para que al final de la vida útil de la prenda esta pueda reincorporarse a la cadena de una forma más sencilla ya que al momento de pasar por los procesos de reciclaje es difícil separar los componentes de la prenda por lo que no siempre pueden reintegrarse, por ejemplo, en un reciclaje químico solo el 1% de los textiles se puede volver a incorporar a la

cadena debido a la mezcla de diferentes tipos de fibras, para la ropa interior generalmente se trata de poliamida y elastano que es caso de la prenda seleccionada como ejemplo (Imagen 34) (Neira Lopez, 2022).

- Durante el proceso de tejeduría se utilizan aceites minerales para preparar las fibras, estos aceites emiten gases nocivos cuando se exponen a altas temperaturas. También se llevan a cabo procesos de pretratamiento que tienen como objetivos limpiar los textiles de impurezas utilizando diferentes sustancias (Imagen 36) que llegan a las aguas residuales (Avelino Carhuaricra, 2021), por ejemplo, para las telas blancas de algodón se usa un proceso de blanqueamiento que quite algunos pigmentos que pueden estar presentes.

El teñido de las telas utiliza colorantes, sales y diferentes surfactantes que al ser lavados también llegan a cuerpos de agua. Para estos procedimientos se propone buscar alternativas de sustancias que no perjudiquen los cuerpos de agua y que no sean nocivos para el medio ambiente.

Actualmente la ingeniería química ha permitido un avance para encontrar sustitutos a las sustancias actuales que disminuyan el impacto al ambiente, aun así, es importante continuar con las investigaciones que lleven a encontrar sustancias y materiales que no dañen los cuerpos de agua y el medio ambiente.



Imagen 36. Productos químicos utilizados durante el proceso de hilado, lavado y teñido. Fuente: (Avelino Carhuaricra, 2021)

4.1.2 Diseño

- Comenzar desde un diseño de la ropa interior que piense en el futuro es una gran clave para la EC, esto permite crear prendas en donde sus materiales tengan un destino claro al momento de desecharlos y sean incluidos de nuevo en el ciclo circular. Las empresas pueden incluir el ecodiseño dentro de sus estrategias para contribuir al desarrollo de la EC.

Este nuevo concepto de ecodiseño se puede asociar al concepto “*Cradle to Cradle*” o “De la cuna a la cuna” por su traducción al español. Tranfield

menciona que su principal propósito es promover que los productos sean diseñados desde su inicio con el propósito de ser recuperados y no pensarlos como desechos, es decir, que al final se puedan integrar de nuevo al ciclo a través de procesos biológicos o técnicos (Prieto Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2017). La ropa interior debe diseñarse preferentemente con el uso de un solo tipo de fibra, ya sea algodón, poliamida o elastano.

- El diseño de las prendas interiores debe considerar las 7 R's de la EC para tener un conjunto amplio de opciones que permitan el fácil reintegro de la ropa al final de la vida útil. La prenda elegida como ejemplo, se conforma por un 60% de poliamida y un 40% de elastano por lo que podría pensarse en un inicio se conforme por un solo tipo de fibra o que su diseño combine ambas telas permitiendo una separación sencilla de materiales, por ejemplo, la poliamida podría ubicarse en la parte inferior de la prenda y el elastano en la parte superior.
- Actualmente en la ropa interior se buscan grandes diseños que se logran con la combinación de diferentes tipos de telas, agregando texturas y colores, pero debido a la situación actual del planeta y a la gran cantidad de residuos se debe buscar un diseño que permita cubrir las funciones necesarias de una prenda interior. De esta forma en el proceso de diseño se puede pensar solamente en el uso de un solo material.
- Dentro de los diseños de ropa interior o incluso otros tipos de prenda se debería disminuir el uso de "decoraciones" como cierres que no tienen alguna funcionalidad, botones de adorno, pedrería o cualquier aditivo que complique el reciclaje de las prendas.
- Realizar retos de diseño en donde se incite a los creadores de materiales y ropa, nuevos diseños que desde su inicio sea más fácil de reciclar o reutilizar, permitiendo un mejor resultado al utilizarlos de nuevo como recursos de fabricación.

4.1.3 Confección

- Bajo el cuarto principio de la EC la energía utilizada debe ser renovable lo que implica que se debe hacer uso de la energía natural que está al alcance en lugar de recurrir a fuentes contaminantes.
- Al momento de la fabricación de las prendas se propone cambiar los insumos tóxicos por otros que no contaminen el ambiente haciendo uso de investigaciones de ingeniería química.
- Producir la ropa interior necesaria que el cliente demanda, considerando una compra consciente. Se debe dejar de producir ropa en grandes volúmenes en un corto periodo de tiempo, ya que además de producir más desperdicios también conlleva un mayor uso de recursos como electricidad para la fabricación, lavado y planchado y uso de grandes cantidades de agua.
- Al momento de la confección de la prenda, se propone que todos los materiales que forman la prenda se apeguen al principio número tres de la EC, es decir, que las etiquetas e hilos usados también estén hechos de materiales biodegradables o reutilizables.
- Analizar y modificar las áreas de oportunidad en la cadena de producción de la ropa interior para identificar en qué parte del proceso se están desperdiciando recursos naturales que pueden ser reincorporados, aunque sea necesario aplicar otro proceso de recuperación y eliminar desperdicios. Para el caso de la cadena de producción de Zara se pueden encontrar desperdicios de tela al momento del corte de moldes, desperdicio de agua en los procesos de lavado y desperdicio de energía no renovable. La identificación de estos procesos ha permitido a la empresa proponer estrategias y mejoras para lograr sus indicadores meta de sostenibilidad.

4.1.4 Comercialización y adquisición por parte del cliente

- Para la comercialización se propone optimizar la distribución de las prendas

con el fin de disminuir el impacto ambiental. Esto implica utilizar la menor cantidad de embalaje para transportar las prendas y en caso de utilizar algún material, que este se pueda recuperar y volver a utilizar como embalaje para más prendas. Afortunadamente al tratarse de prendas interiores de bajo volumen en comparación con pantalones o chamarras, puede utilizarse un mismo empaque de transporte para más de una prenda. Como área de oportunidad se detecta la optimización de espacios y de empaques para el transporte.

- Alinear esfuerzos entre las empresas para trabajar en conjunto y volver eficiente el transporte de las materias primas y del producto terminado. Las empresas pueden crear rutas colaborativas que permitan usar un mismo transporte para distribuir más de una marca de ropa si el espacio está aún disponible, de este modo las emisiones de contaminantes por el transporte pueden disminuir.
- Incluir nuevos indicadores de desempeño a los trabajadores en donde se pretenda medir su nivel de incorporación a las nuevas medidas ambientales de la empresa para fomentar una mayor participación.
- Consumir de forma consciente evaluando las marcas en donde se adquiere la ropa. Para el consumo de ropa interior hecha de algodón existen dos certificaciones que permiten ver que la prenda está compuesta por algodón orgánico (Slow Fashion Next, 2023) y el porcentaje de composición. En la Imagen 37 se muestra un ejemplo de las etiquetas informativas que ambas certificaciones requieren:
 - Organic Content Standard (OCS)
 - Global Organic Textile Standard (GOTS)

		
Materias primas	Fibras orgánicas	Fibras orgánicas
Sistema de control de la cadena de valor	Certificado transitario	Certificado transitario
Problemas medioambientales durante el proceso	Ninguno	Uso de químicos, tratamiento de aguas, políticas medioambientales
Asuntos de carácter social durante el proceso	Ninguno	Basado en las normas ILO
Permiso para el uso por parte de marcas	"Hecho con x% de algodón orgánico"	"Orgánico o hecho con x % de algodón orgánico"

Imagen 37. Etiquetado requerido por las certificaciones OCS y GOTS. Fuente: Slow Fashion Next, 2023

- Cada empresa debe mostrar de forma transparente las propiedades que posee cada prenda para mantener al consumidor informado y que sus compras sean basadas en la mejor opción en cuanto a durabilidad, materiales y cuidados.
- Se propone un nuevo sistema de etiquetado en las prendas en donde se incluyan los pasos para el destino de la prenda. Bajo el principio número 1 de la EC, la responsabilidad de los bienes adquiridos por parte del cliente son responsabilidad de la empresa que lo vende por lo que es importante mantener una comunicación con el cliente sin romper la cadena cuando el comprador adquiere la prenda.

En cada etiqueta de las prendas se debería colocar una leyenda que permita conocer en donde se pueden entregar las prendas, ya sea una dirección en específico o un medio de contacto para saber qué pasos proceden después de su uso, además de los pasos de limpieza que se deben seguir por tratarse de una prenda íntima, ya sea que tipo de lavado o sustancias se pueden utilizar para entregarla en el punto de recolección de forma correcta.

- Parte importante de las propuestas dirigidas hacia las empresas es que

reformulen la forma en que se vende, es decir, dejar atrás las malas prácticas de moda rápida, cambiando hacia un modelo de negocio que incite al comprador a darle un uso más prolongado a las prendas y a comprar de forma consciente, adquiriendo ropa únicamente cuando es necesario y no por cuestiones de modas por temporada. Se propone terminar con el marketing que crea necesidades falsas sobre los consumidores, la venta de ropa a precios bajos de poca calidad y que sigue modelos de tendencia.

- Modificar totalmente las nuevas tendencias de consumo que fomentan la compra de ropa en grandes cantidades, por ejemplo, en días festivos alusivos al uso de ropa interior con estilos diferentes, mejorando la conciencia de consumo en los clientes. Esto puede darse creando nuevas estrategias de compra o venta, incluso se pueden incorporar ideas de renta, para adquirir las prendas por un tiempo establecido.
- La EC propone la comercialización de prendas de alta calidad y durabilidad con un costo asequible pero que refleje el valor del trabajo ambiental detrás de los procesos de fabricación y de toda su cadena de valor.
- Bajo el marco de la EC, se espera utilizar los recursos de la mejor forma posible aprovechándose al máximo, por lo que se propone un uso más prolongado de las prendas interiores.
- Crear un programa de incentivos por parte de las empresas, para la recolección de las prendas de la marca en los puntos de venta con el fin de facilitar su reincorporación a la cadena de valor del producto y además tener un mejor control sobre el destino de los desechos textiles de los clientes.
- Aumentar la difusión de los centros de donación de ropa usada que se encuentren en buen estado para permitir a personas de bajos recursos tener acceso a estas prendas. Como la ropa interior es una prenda de uso personal, se propone que las marcas de ropa dueñas de esa prenda se encarguen de llevar a cabo un proceso de sanitizado que permita a otras

personas seguir usando la ropa, dando a la marca un diferenciador de responsabilidad social.

- Por parte de gobierno se propone establecer normas que regularicen la forma de consumo de cada persona para tener un control en la oferta y demanda, además de establecer nuevas formas de difusión que permitan a la población incluirse en los temas ambientales, en donde se muestre el gran problema que representan los residuos con el fin de generar conciencia y mejorar el nivel de participación de cada ciudadano.
- Crear proyectos gubernamentales en donde se fomente la compra de ropa o renta de segunda mano a través de aplicaciones y que se les permita tener una buena difusión para ampliar la participación de la sociedad.
- Promover aplicaciones o sitios web que se encarguen de vender ropa usada, permitiendo alargar la vida útil de las prendas. Actualmente existen aplicaciones móviles como Go Trendier (Imagen 38) o Vopero en donde las y los usuarios suben las prendas que ya no desean para venderlas a alguien que le interese, disminuyendo el costo de la prenda por el tiempo que ha sido usada. Afortunadamente en estas aplicaciones se permiten las publicaciones de ropa interior, por lo que no se limita el tipo de prenda que puede tener una segunda oportunidad, y cada usuaria tiene la responsabilidad de entregar las prendas en buen estado y limpias, además de que la o el comprador también puede asegurarse de sanear la ropa que compre.



Imagen 38. Logo de la aplicación Go Trendier. Fuente: <https://www.gotrendier.com/>

4.1.6 Recuperación

- La producción de materia prima para la fabricación de fibras tanto naturales como sintéticas tiene un impacto en el ambiente, a pesar de que las fibras naturales tienen menor huella de carbono que las sintéticas, estas utilizan más recursos energéticos para los procesos de lavado, secado y planchado (Neira Lopez, 2022). Por estos motivos no se propone erradicar el uso de fibras sintéticas, sin embargo, se propone utilizar solo un tipo de fibra sintética para cada prenda.
- Profundizar y mejorar los métodos de reciclaje químico de despolimerización. Actualmente el reciclaje de polímeros permite recuperar las fibras sin embargo durante el proceso las fibras pierden calidad.
- Buscar nuevas alternativas de reciclaje químico que eviten el uso de disolventes que sean nocivos para el medio ambiente como el ácido clorhídrico que produce daño a las plantas.
- Mejorar e innovar el proceso de reciclaje térmico, que es el que se encarga de reciclar las fibras sintéticas: poliamida y elastano. Para el caso del elastano, cuando se vuelven a hilar las fibras ya recuperadas estas se rompen (Neira Lopez, 2022) , impidiendo su utilidad como hilos después de su recuperación para fabricación de nuevas prendas.
- Se propone buscar nuevos métodos de reciclaje o mejorar los ya existentes con el propósito de encontrar y utilizar aquellos que necesiten menos recursos químicos, energéticos y naturales para llevar a cabo el proceso. En la Tabla 3 se muestran nuevos métodos que gracias a la investigación e innovación se ha logrado encontrar diferentes alternativas de reciclaje que permiten recuperar hasta el 100% de las fibras de algodón, lana y poliéster.

Método	Microorganismo	pH	Temp. (°C)	Muestra entrante	% de recuperación	Fibras	Referencia
Fermentación	Aspergillus Niger CKB	6.3-6.5	28	2 g	70.2	80/20 - Algodón y Poliéster	(Hu et al., 2018)
Fermentación	Trichoderma reesei ATCC 24449	5 - 7	28	2g	44.6	40/60 - Algodón y PET	(H. Wang et al., 2018)
Hidrólisis Enzimática	Aspergillus Niger	4.8	50	2 g	79.2	70/30 - Algodón y Poliéster	(Shen et al., 2013)
Hidrólisis Enzimática	B- glucosidasa	5	50	2 g	98.3%	Algodón y PET	(Li et al., 2019)
Hidrólisis Enzimática	Keratinasa	8 -10	37	3 g	85 -100 %	Lana y Poliéster	(Navone et al., 2020)

Tabla 3. Nuevas tecnologías de reciclaje para textiles. Fuente: (Neira Lopez, 2022).

- Mejorar el sistema de recolección de basura y la clasificación de los residuos para lograr mejorar el destino de cada desecho. Se pueden establecer centros que sean específicos para trabajar las prendas, como los centros de recolección de cartón, aluminio o vidrio.
- A total cadena de suministro textil se propone el siguiente diagrama en donde se incluye la circularidad al agregar un octavo eslabón de “recuperación” que conecta la parte de comercialización y desecho por parte del cliente con el eslabón de materias primas apegándose al principio dos de la EC de cero desechos.



Imagen 39. Propuesta de cadena de suministro para la industria textil. Fuente: Elaboración propia con base en el diseño y propuesta de (Carrillo Fuentes, 2019)

4.1.7 Logística inversa

- Hacer uso de la logística inversa como una herramienta que vaya mucho más allá de la gestión de retorno de productos o materiales, para que se convierta en una herramienta que permita a las empresas tener una gestión de sus propios residuos sobre los cuales son los responsables. La logística inversa debe ser vista como un medio para disminuir el impacto al medio ambiente más que como una herramienta de gestión de devoluciones. Dentro de la nueva cadena de suministro de la industria textil sostenible, la logística inversa debe estar presente en cada eslabón gestionando los residuos y devolviéndolos al proceso anterior si así se pudiera.
- El papel de la logística inversa en este nuevo modelo de EC debe ser la base para utilizar las 7 R's, es decir, debe funcionar para el reciclaje, la reutilización, la reparación, el rediseño, la recuperación y la remanufactura

gestionando el flujo de productos y materiales al largo de la cadena de suministro.

- La logística inversa ayudará a utilizar las prendas desechadas como fuente de recurso para la fabricación de nuevos productos disminuyendo los costos de materias primas para la fabricación de nuevas prendas. Aunque la gestión de una logística inversa, que va más allá de devoluciones, genera un costo extra que puede ser preocupante para las empresas, a continuación, se muestra una propuesta de Centro de Acopio de prendas que permita recolectar las prendas que los clientes ya no quieren minimizando costos y distancias desde los puntos de venta hasta el Centro de Acopio.

Para la propuesta del Centro de Acopio se utiliza el *software* de simulación de AnyLogistix que es una herramienta que incorpora instrumentos de simulación y optimización que provee respuestas a diferentes retos de la cadena de suministro, tales como optimización del transporte y del inventario, diseño de redes, planeación maestra, gemelo digital y análisis de riesgos.

La simulación trata de imitar el comportamiento dinámico de un sistema con otro y al simular una cadena de suministro aplicando cambios en algunas variables se espera comprender la dinámica de la cadena de suministro física, es decir, se experimenta cambiando los parámetros del sistema y estudiando los resultados. Así, la simulación permite analizar el rendimiento de una propuesta de diseño de la cadena de suministro derivada de un modelo de optimización y responder a la pregunta “¿qué pasa si...?”. Por otro lado, el objetivo de una simulación basada en optimización es apoyar mostrando la mejor decisión que puede tomarse según alguna meta, criterio u objetivo.

AnyLogistix permite realizar la simulación para resolver diferentes desafíos, por ejemplo:

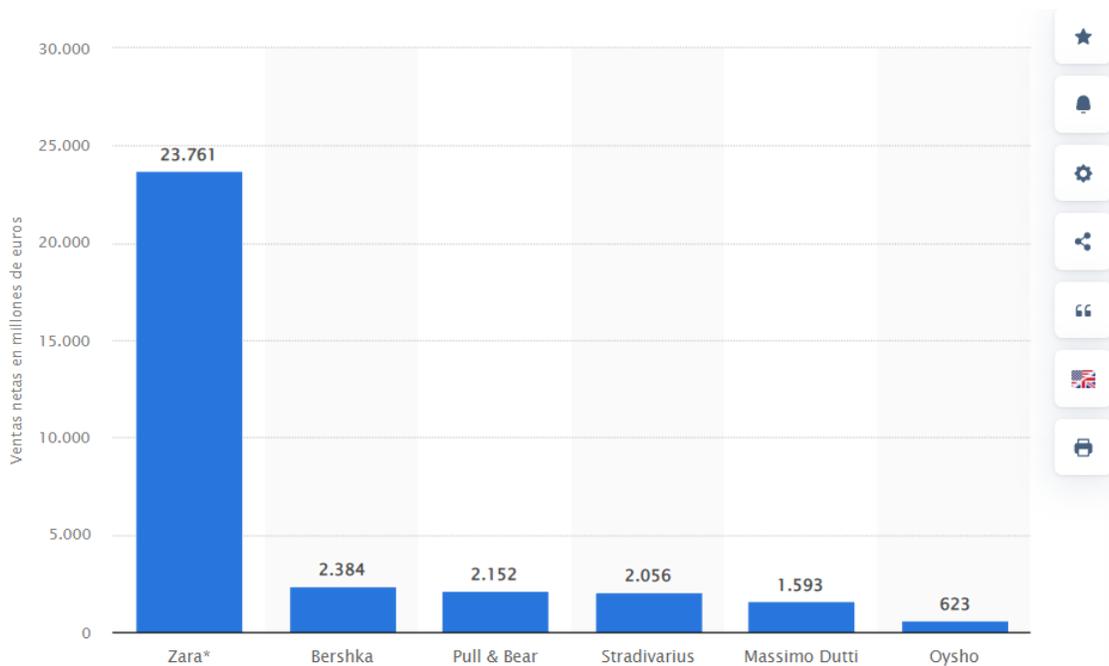
- Ubicación: dónde ubicar nuevas instalaciones como fábricas, centros de distribución, etc.

- Nuevos negocios o productos: conocer cómo afectará a la CS.
- Disrupciones en la cadena: como paros no planeados o cambios en los acuerdos del servicio.
- Políticas de inventario: las cuales son requeridas para balancear los costos integrales y los niveles de servicio.

Para la propuesta se utiliza el escenario GFA (Greenfield Analysis) que permite realizar un análisis en cuanto a la ubicación y distribución de los centros de distribución que forman parte de una cadena de suministro, es decir, permite conocer la mejor ubicación de cada centro dependiendo de en donde se encuentren los clientes a los que entregará mercancía, el tipo de productos que se trabajen y su demanda.

Consideraciones iniciales:

- De acuerdo con las ventas netas de grupo Inditex en el año 2022 publicadas en Statista (Orús, 2023) Zara tuvo una participación de 72.95% del total, por lo que en prendas corresponde a un total de 453,234 toneladas considerando un total de 621,244 toneladas de prendas puestas en el mercado (Imagen 40).



© Statista 2023

[Información adicional](#)

[Ver fuente](#)

Imagen 40. Ventas netas de Grupo Inditex en 2022. Fuente: (Orús, 2023)

- Para el año 2022 se tenían 2,312 tiendas abiertas de Zara, por lo que estimando cada tienda tiene una venta de 196 toneladas de ropa.
- Para la confección en México la ropa interior representa el 3% aproximadamente del total, tomando en consideración que el 100% de lo confeccionado se vende, se comercializará un total de 5.9 toneladas de ropa interior por tienda.
- Las medidas de las prendas interiores se consideran como se muestra a continuación (Imagen 41). Teniendo un volumen de 0.0006 metros cúbicos por prenda.



Imagen 41. Medidas generales de una prenda interior. Fuente: Elaboración propia.

- El costo promedio de cada prenda es de \$400 pesos mexicanos.
- El peso promedio de una prenda interior es de 100 gramos.
- El periodo de simulación es de un año. Se toma como inicio el 01/01/2023 hasta el 31/12/2023.
- El gasto promedio de gasolina es de 35 litros por cada 100 kilómetros con un precio de 25 pesos el litro en promedio.
- La zona de simulación está delimitada como se muestra en la Imagen 42.

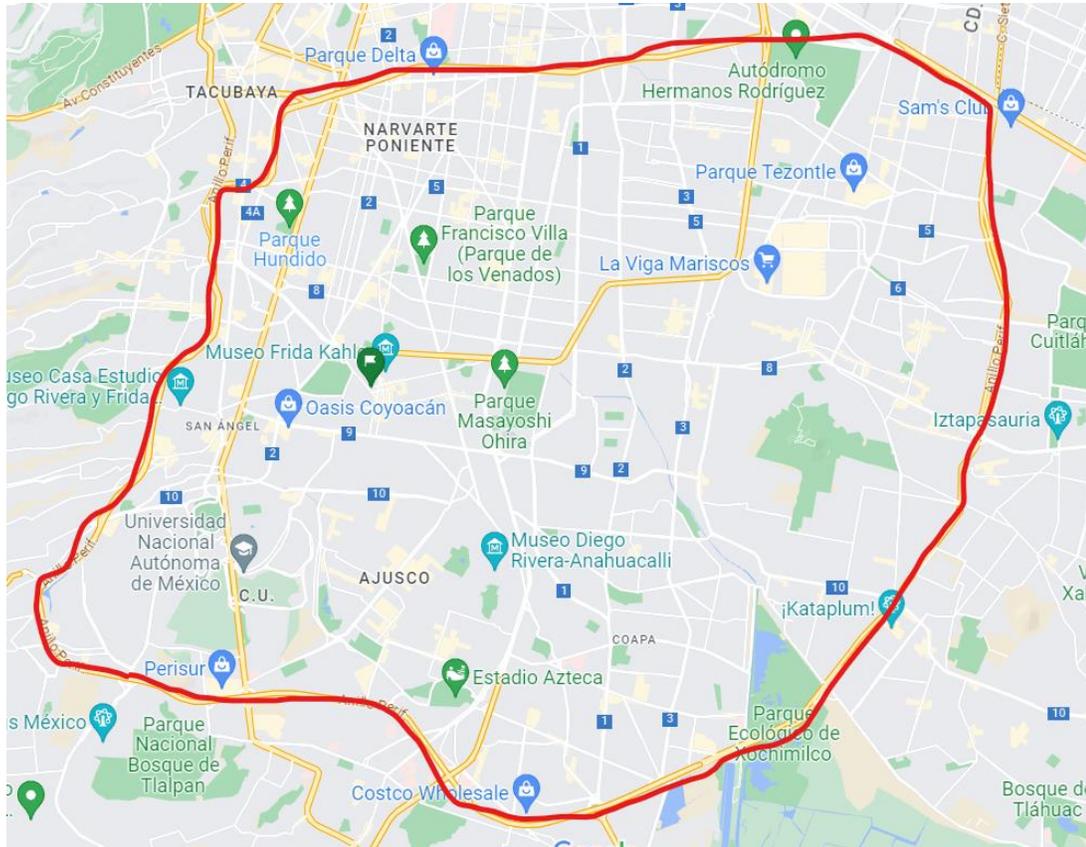


Imagen 42. Delimitación de zona de simulación en la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con ayuda de Google Maps.

Utilizando AnyLogistix se establecen las tiendas ubicadas dentro de la zona delimitada de la Ciudad de México. Para este ejercicio se toman en cuenta 8 tiendas de Zara y 7 tiendas pertenecientes a la cadena de H&M, esto con el fin de proponer un Centro de Acopio que puedan utilizar diferentes marcas ya que las ubicaciones de estas dos empresas estaban en puntos similares dentro de centros comerciales importantes.

Las consideraciones de prendas para H&M se toman con las mismas características que las de Zara.

A continuación, se listan las 15 tiendas que se tomaron para la simulación (Imagen 43).

Tiendas en el área Zara	Tiendas en el área H&M
ZARA OASIS COYOACAN	H&M PARQUE DELTA
ZARA TEZONTLE	H&M COYOACAN
ZARA UNIVERSIDAD	H&M INSURGENTES
ZARA PERISUR	H&M PERISUR
ZARA PARQUE DELTA	H&M REVOLUCION
ZARA PASEO ACOXPA	H&M OASIS COYOACAN
ZARA PEDREGAL	H&M TEZONTLE
ZARA GRAN SUR	

Imagen 43. Tiendas dentro del perímetro de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecidas las tiendas en el mapa (Imagen 44) se procede a ejecutar la simulación para encontrar la ubicación del Centro de Acopio óptimo.

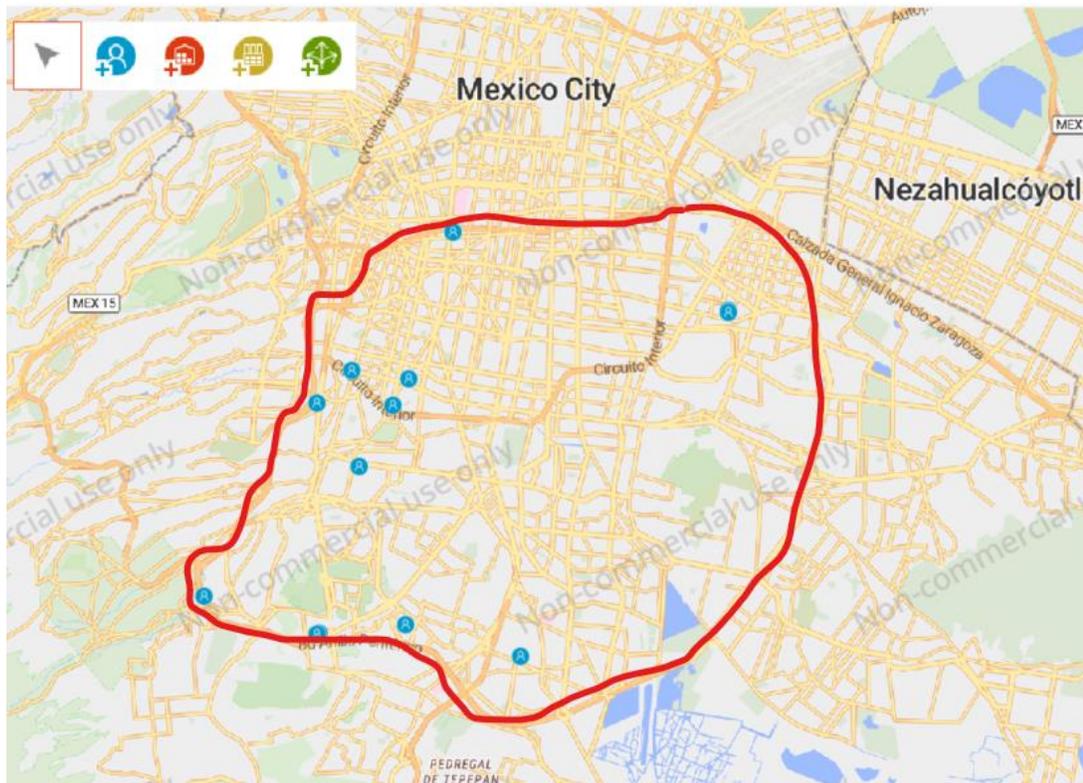


Imagen 44. Mapa con delimitación de zona y ubicación de 15 tiendas en AnyLogistix. Fuente: Elaboración propia.

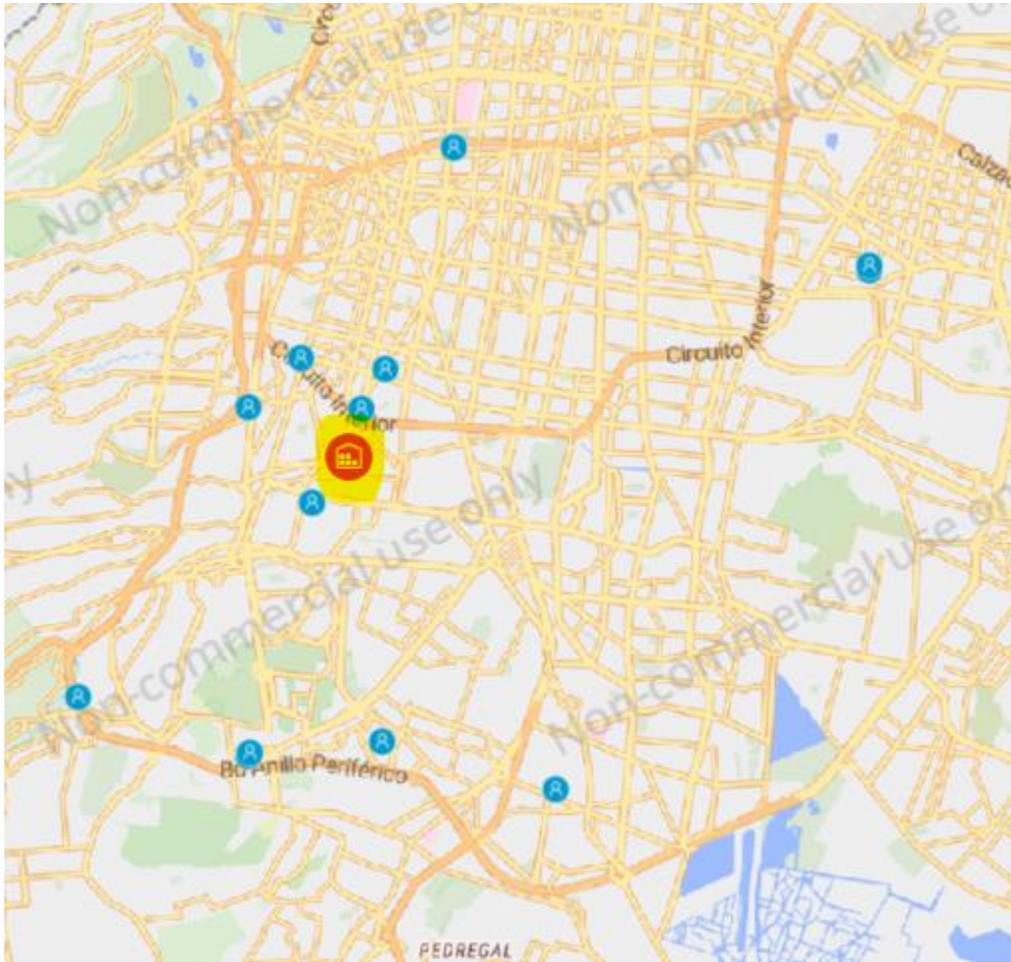


Imagen 45. Mapa con mejor ubicación para el Centro de Acopio. Fuente: Elaboración propia.

La propuesta del Centro de Acopio que arroja el sistema es en la Colonia Ampliación del Carmen en Viveros Coyoacán (Imagen 45) que por ser un área verde se decide ubicar el centro en la Plaza Comercial Mitikah muy cercana a la propuesta inicial (imagen 46).



Imagen 46. Ubicación de plaza Mitikah

Los resultados que se obtienen en distancias desde cada tienda hasta el centro de acopio son los siguientes considerando una capacidad por año de 730 metros cúbicos de prendas transportadas (Imagen 47).

Origen	Destino	Periodo	Flujo, m ³	Distancia km	Estimación de Costos de Flujo, m ³ * km
H&M PARQUE DELTA	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	5.95	4346
ZARA TEZONTLE	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	10.01	7309
H&M COYOACÁN	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	0.92	671
H&M INSURGENTES	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	2.02	1474
H&M PERISUR	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	5.69	4153
ZARA UNIVERSIDAD	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	1.76	1282
ZARA PERISUR	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	5.63	4113
ZARA PARQUE DELTA	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	5.91	4314
H&M REVOLUCION	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	2.05	1494
ZARA OASIS COYOACÁN	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	1.04	760
H&M OASIS COYOACÁN	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	1.03	749
ZARA PASEO ACOXPA	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	7.08	5169
ZARA PEDREGAL	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	6.58	4801
ZARA GRAN SUR	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	5.19	3790
H&M TEZONTLE	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	730	10.05	7335

Imagen 47. Tabla de resultados con distancias desde cada tienda hasta el Centro de Acopio.

Con el volumen de cada prenda y una capacidad de 730 metros cúbicos anuales se pueden mover en total 1,216,667 prendas. Tomando en cuenta

un peso promedio de 100 gramos por prenda interior y la venta anual en toneladas por tienda, se estima una venta total de 59,000 unidades (Imagen 48).

Venta por tienda (Toneladas)	Peso por prendas (Gramos)	Total de venta de Zara (piezas)
5.9	100	59,000

Imagen 48. Número de prendas de ropa interior vendidas por Zara durante un año. Fuente: Elaboración propia.

La capacidad de transporte puede cubrir hasta un total de 20 tiendas considerando una venta anual con el mismo número de prendas. Tomando en cuenta los costos de gasolina por transporte de cada tienda hasta el Centro de Acopio se tiene un total de \$31,339.25 pesos anuales considerando un recorrido semanal con un total de 52 semanas en el año (Imagen 49). Los costos de camiones no se consideran porque se propone usar el mismo transporte que entrega la mercancía a las tiendas y solo se agrega el costo extra por la ruta hacia el almacén de acopio.

Origen	Destino	Periodo	Distancia km	Kilometros recorridos al año	Listros de gasolina	Costo total
H&M PARQUE DELTA	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	5.95	309.6	105	\$ 2,631.22
ZARA TEZONTLE	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	10.01	520.7	177	\$ 4,425.71
H&M COYOACAN	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	0.92	47.8	16	\$ 406.05
H&M INSURGENTES	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	2.02	105.0	36	\$ 892.52
H&M PERISUR	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	5.69	295.8	101	\$ 2,514.65
ZARA UNIVERSIDAD	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	1.76	91.3	31	\$ 776.20
ZARA PERISUR	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	5.63	293.0	100	\$ 2,490.30
ZARA PARQUE DELTA	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	5.91	307.3	104	\$ 2,612.30
H&M REVOLUCION	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	2.05	106.4	36	\$ 904.46
ZARA OASIS COYOACAN	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	1.04	54.2	18	\$ 460.36
H&M OASIS COYOACAN	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	1.03	53.3	18	\$ 453.40
ZARA PASEO ACOXPA	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	7.08	368.2	125	\$ 3,129.53
ZARA PEDREGAL	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	6.58	342.0	116	\$ 2,907.08
ZARA GRAN SUR	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	5.19	269.9	92	\$ 2,294.47
H&M TEZONTLE	PROPUESTA DE CENTRO DE ACOPIO	Time period: 2023-01-01 - 2023-12-31	10.05	522.5	178	\$ 4,440.99
TOTAL			70.90	3687	1254	\$ 31,339.25

Imagen 49. Costo de gasolina anual desde cada tienda hasta el Centro de Acopio. Fuente: Elaboración propia.

Bajo el marco de la EC pensando en prendas hechas con 100% algodón o usando un solo tipo de fibra que se pueda recuperar en su totalidad se obtienen los siguientes resultados (Imagen 50).

Consideraciones por tienda	Valor
Prendas totales (piezas)	59,000
Peso total (toneladas)	5.9
Material: Algodón	100%
Recuperación de prendas en un escenario ideal	100%
Recuperación de prendas considerando un porcentaje menor	30%
Precio por tonelada de fibra de algodón	\$ 34,460
Algodón recuperado en un escenario ideal (toneladas)	5.9
Algodón recuperado en un escenario del 30% (toneladas)	1.8
Valor con 100% de recuperación (pesos)	\$ 203,314
Valor con 30% de recuperación (pesos)	\$ 60,994
Valor con 30% de recuperación para 15 tiendas (pesos)	\$ 914,913

Imagen 50. Valor de recuperación de fibras de algodón. Fuente: Elaboración propia.

En un escenario de recuperación del 30% de las prendas se podría obtener hasta un total de 1.8 toneladas de fibra de algodón que de acuerdo con el precio por tonelada se lograría un ahorro de materia prima por \$60,994 y considerando las 15 tiendas se obtendrían \$914,913 pesos que cubren el costo de gasolina extra. Como parte de las investigaciones futuras se podría desarrollar un análisis de costos enfocado en el Centro de Acopio considerando precios de rentas, costos de mano de obra y maquinaria. Finalmente, la propuesta para la logística inversa de los eslabones en la cadena de suministro entre las tiendas y el Centro de Acopio queda de la siguiente forma:

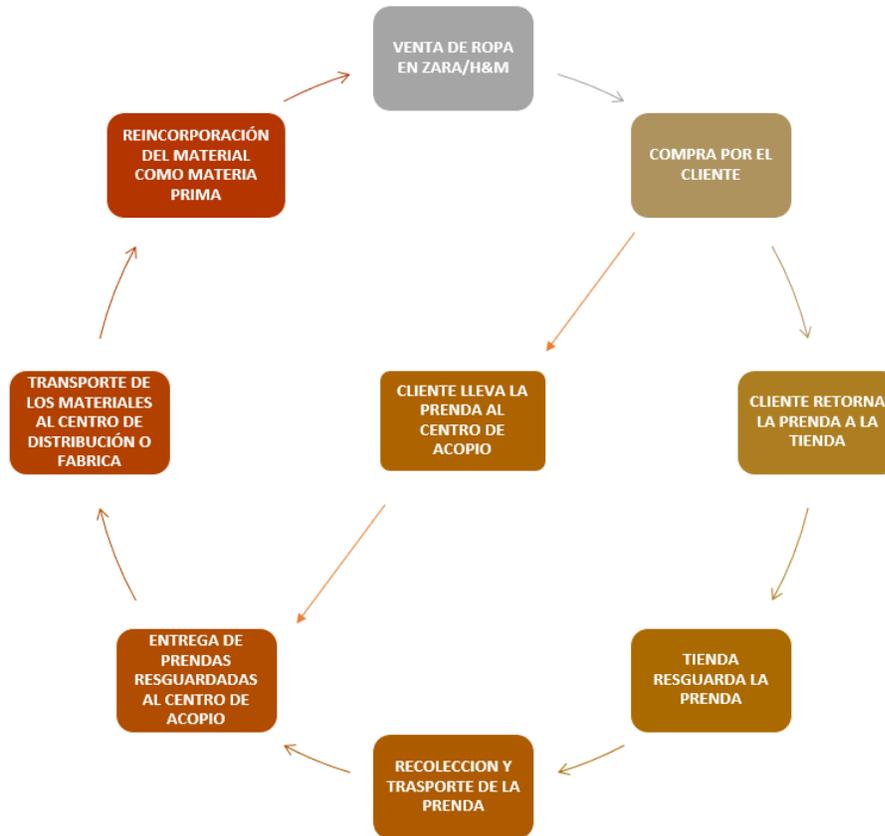


Imagen 51. Propuesta de logística inversa para el retorno de materiales. Fuente: Elaboración propia.

4.2 Resultados de empresas textiles que demuestran el funcionamiento de la Economía Circular.

4.2.1 Grupo Inditex.

- Memoria anual 2022

Grupo Inditex sigue los principios de la EC, por lo tanto, añaden a las prendas, materias primas que sean más durables y fáciles de reciclar al final de la vida útil conocidas como “materias primas preferentes” que incluyen los siguientes cuidados:

- Relación con la biodiversidad.
- Consumo de agua.
- Generación de gases de efecto invernadero.

Para el año 2022 el uso de fibras preferentes fue de un 60%. Por otra parte, el 61% de las prendas contaban con una etiqueta “Join Life”, lo que indica que los procesos y materias primas de la prenda tienen un menor impacto al medio ambiente. Desde el 2018 (Imagen 52) el uso de materias primas de fuentes preferentes ha ido aumentando en gran porcentaje, demostrando que las acciones apegadas a los principios de una EC dan ayuda a disminuir los impactos al medio ambiente.

	2022	2021	2020	2019	2018
Indicadores de nuestros productos					
Artículos puestos en el mercado (en toneladas)	621.244	565.027	450.146	545.036	528.797
Artículos Join Life puestos en el mercado (en % sobre el total)	61 %	47 %	38 %	19 %	9 %
Algodón de fuentes preferentes: orgánico, BC y reciclado (en toneladas)	234.260	166.195	73.874	38.676	18.851
Poliéster de fuentes preferentes (en toneladas)	52.618	26.728	9.594	5.332	1.881
Lino de fuentes preferentes (en toneladas)	7.483	4.201	1.245	1.813	266
Viscosa y otras fibras artificiales celulósicas de fuentes preferentes (en toneladas)	36.268	29.053	8.379	6.692	3.178
Prendas recogidas a través del programa de recogida de ropa (en toneladas) ¹	17.015	16.072	13.043	15.321	14.825
Materiales recuperados para su reutilización (en toneladas)	19.022	19.048	16.871	21.298	19.247
Grado de cumplimiento de los estándares CtW y StW	98,4 %	98,5 %	98,3 %	97,4 %	97,4 %
Programa Picking: número de inspecciones	51.288	49.999	42.856	56.352	63.420
Programa Picking: número de análisis a prendas	721.980	792.582	744.404	899.046	933.980

Imagen 52. Indicadores medioambientales desde 2018 hasta el 2022. Fuente: (INDITEX, 2022)

Además, Grupo Inditex ha logrado tener un 100% de energía eléctrica renovables (Imagen 54) que ayudó a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero utilizando el cuarto principio de la EC. En la Imagen 53 se puede notar como las emisiones de CO₂ han disminuido desde el 2018 hasta un 97%.

Emisiones GEI	2022	2021	2020	2019	2018	Variación 2022-2018
Alcance 1	11.232	14.575	11.859	15.804	19.172	-41 %
Alcance 2 market-based	0	47.770	98.676	293.981	419.448	-100 %
Alcance 2 location-based	451.430	541.492	363.717	589.547	651.266	-31 %
Alcance 3	17.223.485	17.097.801	13.341.462	17.988.897	18.325.553	-6 %
Kg CO ₂ eq por m ² (alcance 1+2 market-based)	2	8	14	39	58	-97 %
g CO ₂ eq por € (alcance 1+2 market-based)	0	2	5	11	17	-98 %
g CO ₂ eq por € (alcance 1 + 2 market-based + 3)	531	619	659	647	718	-26 %

Imagen 53. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero desde 2018 hasta 2022. Fuente: (INDITEX, 2022)

Año	% de electricidad procedente de fuentes renovables
2018	45 %
2019	63 %
2020	81 %
2021	91 %
2022	100 %

1. En el caso de los certificados de energía renovable, el periodo de los datos es año natural en vez de año fiscal (periodo establecido en este Informe).

Imagen 54. Porcentaje de electricidad procedente de fuentes renovables desde 2018 hasta 2022.

Fuente: (INDITEX, 2022)

Bajo las 7 R's de la EC, se lleva a cabo la reutilización de agua para actividades como el riego y la descarga de agua en los sanitarios, llevando a un menor consumo de agua para el año 2022.

Año fiscal	Consumo de agua (m ³)	Consumo de agua relativo (litros/m ²)	Consumo de agua relativo (ml/€)
2018	2.145.804	285	82
2019	2.068.661	260	73
2020	1.663.039	216	82
2021	1.886.900	241	68
2022	1.780.190	240	55

Imagen 55. Consumo de agua desde 2018 hasta 2022. Fuente: (INDITEX, 2022)

4.2.2 H&M.

- Memoria anual 2022

El Grupo H&M es otra de las grandes empresas que ha apostado por incluir la EC en su cadena de suministro a través de:

- Desarrollo de materiales.
- Innovaciones en reciclaje.

- Investigación y desarrollo en tecnología e infraestructura.

El objetivo de H&M es lograr un crecimiento financiero que no esté vinculado al uso de recursos naturales finitos, por tal motivo buscan aumentar el uso de materiales reciclados o de menor impacto en el medio ambiente. Como parte de la medición del éxito buscan disminuir a la mitad las emisiones de gases de efecto invernadero y duplicar las ventas para el año 2030 tomando como referencia el año 2021.

CIRCULARITY, CLIMATE & NATURE KPIS					
KPI ¹	2020	2021	2022	GOAL	
Climate: % absolute reduction (scope 1 and 2) in GHG emissions compared with 2019 baseline* ^{2,3,4}	+15	-22	-8	-56% by 2030	
Climate: % absolute reduction (scope 3 — excluding use-phase emissions) in GHG emissions compared with 2019 baseline* ^{2,3,4}	-8	-3 ⁵	-7	-56% by 2030	
Climate: % renewable electricity in own operations* ⁴	90	95	92 ⁶	100% by 2030	
Water: % reduction in production water use (water intensive tier 1 and 2 suppliers) from 2017 baseline ⁷	-4	-14 ⁸	-21 ⁹	-25% by 2022	
Water: % of water recycled out of total production water consumption ⁷	18	21	21	15% by 2022	
Water: % change in absolute total freshwater use (2022 baseline) ¹⁰	-	-	Baselining year	-30% by 2030	
Commercial goods: % of recycled or other more sustainably sourced materials* ¹¹	Total	65	80	84	100% by 2030
	Other more sustainably sourced	59	62	61	Monitor
	Recycled	6	18	23	30% by 2025
Packaging: % of recycled or other more sustainably sourced materials used ¹²	-	68	85	100% by 2030	

Imagen 56. Indicadores de sostenibilidad para H&M desde 2020 hasta 2022. Fuente: (H&M Group, 2022)

	NET SALES 2022 (SEK M)	NET SALES 2021 (SEK M)	NEW STORES (NET) DURING THE YEAR	NUMBER OF STORES 30 NOV 2022
The Nordics	20,128	19,675	-28	399
Western Europe	71,452	63,648	-48	1,079
Eastern Europe ¹	21,991	22,718	-172	481
Southern Europe	28,611	25,550	-27	623
North & South America	50,990	40,230	-16	740
Asia, Oceania & Africa	30,381	27,146	-45	1,143
Total	223,553	198,967	-336	4,465

Imagen 57. Ventas netas de H&M desde el año 2021 hasta 2022. Fuente: (H&M Group, 2022)

En la Imagen 56 y 57 se logra ver un incremento del 12.3% en las ventas contra 2021 y una caída al -8% en las emisiones de gases de efecto invernadero contra el

año 2019, demostrando que las acciones hasta ahora ejecutadas han logrado acercar un poco a H&M hacia su meta.

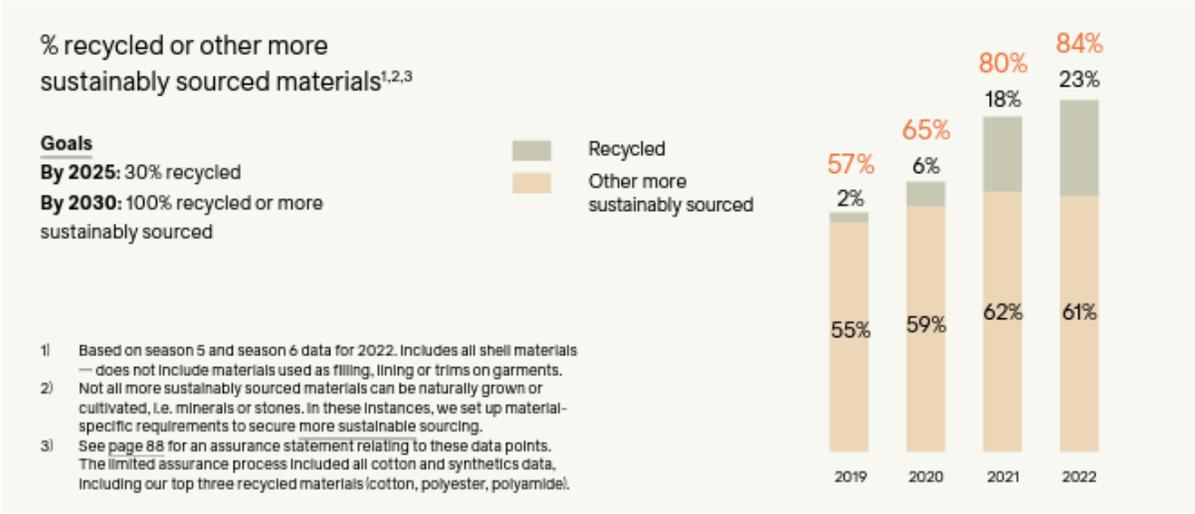


Imagen 58. Porcentaje de materiales reciclados y de fuentes sostenibles utilizados por H&M desde 2019 hasta 2022. Fuente: (H&M Group, 2022)

Dentro de sus resultados sobresalientes se tiene un crecimiento al 84% de uso de materiales reciclados o que provienen de fuentes sostenibles (Imagen 58), contribuyendo a un ahorro de 31,000 millones de galones de agua.

CONCLUSIÓN

El objetivo de la tesis se cumplió, las estrategias propuestas en este trabajo buscan disminuir la cantidad de residuos sólidos, la cantidad de contaminantes y aguas residuales arrojados al medio ambiente, además de buscar incluir el uso de materias primas de fuentes sostenibles y promover el uso de materiales reciclados. Estas estrategias se han establecido para aplicarse en industrias textiles por los eslabones que la conforman como el hilado o tejido, sin embargo, el marco teórico de la economía circular permite conocer los principios que son base para llevar a cabo una EC en cualquier sector de la industria.

Parte importante de encaminar la economía hacia un modelo circular, es continuar incluyendo estrategias sostenibles en las prácticas actuales de cada empresa con el fin de demostrar el funcionamiento de este nuevo modelo e incentivar a más empresas a unirse al nuevo sistema. Como se mencionó, Zara y H&M son empresas que ya han comenzado a incluir prácticas de una EC en su modelo de negocio y han demostrado el funcionamiento a través de menos uso de energía eléctrica, innovación en materias primas sostenibles, nuevos sistemas de producción y disminución en la cantidad de gases de efecto invernadero arrojados al ambiente, todo esto de la mano con el incremento en ventas. Aún existen muchas áreas de oportunidad y campos de investigación en tecnología que faciliten la separación de fibras en las prendas para poder reciclarlas o investigación en el campo de la ingeniería química para encontrar sustancias para la confección de telas y prendas que no dañen los cuerpos de agua ni el ambiente.

La participación de cada individuo en esta transición hacia un nuevo modelo económico que permita extender la calidad de vida de las futuras generaciones es de vital importancia, la conciencia individual es el camino para llegar hacia una conciencia colectiva. Las acciones no solo recaen en las empresas, los gobiernos o las instituciones educativas sino también en cada persona como consumidor de recursos. Se espera que esta tesis haya servido como base teórica y como una guía

que permita visualizar en qué eslabones y de qué forma incluir acciones para comenzar a trabajar bajo un modelo de economía circular textil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación de Ciencias Ambientales. (s.f.). *Economía Circular*. Obtenido de <https://www.cienciasambientales.org.es/index.php/nuestra-labor/areas-tematicas/economia-circular>
- Inegi. (2018). *Cuéntame de México*. Obtenido de <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/ambiente/basura.aspx?tema=T>
- Angulo Lima, M. (2004). *Análisis del cluster textil en el Perú*. Lima: Tesis Digitales UNMSM.
- Arbona Cabrera, M., Cabrera Estrada, I., & Rosa Domínguez, E. R. (Abril-Junio de 2018). Propuesta de medidas de producción más limpias para el proceso de teñido en la textilera "Desembarco del Granma". *Centro Azucar*, 45(2), 76-87. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000200008#:~:text=El%20te%C3%B1ido%20es%20un%20proceso,la%20superficie%20de%20la%20fibra\)%2C](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000200008#:~:text=El%20te%C3%B1ido%20es%20un%20proceso,la%20superficie%20de%20la%20fibra)%2C)
- Astudillo Moya, M., & Paniagua Ballinas, J. (2012). *Fundamentos de economía*. México: UNAM. Instituto de Investigaciones Económicas: Probooks.
- Avelino Carhuaricra, C. G. (2021). Sustitución de productos químicos tóxicos por productos químicos sostenibles en los procesos de la industria textil mediante tecnologías limpias. *Informe final de investigación*. Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ingeniería Química, Perú.
- Buitrago, D. A., Castellón, G., Galindo Hernández, Y., Danilo, D., Robayo, R., & Piñeros, C. A. (2021). *Propuesta en Supply Chain Management y Logística en la empresa ZARA*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD & Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI, Bogotá.
- Cabeza, D. (2012). *Lógica inversa en la gestión de la cadena de suministro*. Barcelona: Marge Books. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=hoQK2KBHhZQC&oi=fnd&pg=PA11&dq=logistica+inversa&ots=zSc676LD6s&sig=hFMYSTY8N8BVmZn2jBgwE933mzA#v=onepage&q&f=false>
- Canopy planet. (2022). *Canopy*. Obtenido de <https://canopyplanet.org/about-us/>
- Carrillo Fuentes, J. C. (2019). *Promoción de la economía circular en el sector moda y textil en México*. Ciudad de México: CEMDA.
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (s.f.). ECONOMÍA CIRCULAR. *Economía circular, estrategia y competitividad empresarial*, 11-20.
- Cobbing, M., & Vicaire, Y. (24 de Noviembre de 2016). Time out for fast fashion. Hamburg, Germany. Obtenido de [greenpeace.org/international/en/campaigns/detox/fashion](https://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/detox/fashion)

- Cobbing, M., & Vicaire, Y. (2016). *Time out for fast fashion*. Hamburg: Greenpeace.
- Cogollo Flórez, J. M., & Ruiz Vásquez, C. (2019). Prácticas de responsabilidad sostenible de cadenas de suministro: Revisión y propuesta. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(87), 668-680. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29060499004>
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). *A new textiles economy: Redesigning fashion's future*. Obtenido de <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>
- Ellen Macarthur Foundation. (2022). *Ellen Macarthur Foundation*. Obtenido de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy>
- Falappa, M. B., Lamy, M., & Vazquez, M. (2019). *De una Economía Lineal a una Circular, en el siglo XXI. Análisis realizado en la sociedad mendocina*. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Económicas.
- Fernández, A. (13 de octubre de 2016). *Quién*. Obtenido de <https://www.quien.com/moda/2016/10/13/visitamos-la-primera-tienda-de-zara-en-la-historia>
- Founding Partners of Ellen MacArthur Foundation. (2014). *Hacia una economía circular*. Ellen MacArthur Foundation.
- Gallisa, C. E. (2017). Los retos sostenibilistas del sector textil. *Revista de Química e Industria Textil*, 220, 20-32. Obtenido de <https://cem.upc.edu/ca/ambit-enginyeria-textil/fotos/revista-aeqct-n220-marzo2017-article-e-carrera.pdf>
- Gap Inc. (2021). *ResponsibilityReports.com*. Obtenido de <https://www.responsibilityreports.com/Company/gap-inc>
- García Acosta, M. V. (2018). Sistema de reciclaje de textiles post consumo para el desarrollo de productos de economía circular en la ciudad de Bogotá D.C. *Especialidad en Gestión de Proyectos de Ingeniería*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería, Bogotá D.C.
- Garrido Rodríguez, M. J. (2013). Estudio económico de la logística inversa como segunda oportunidad de negocio. *Proyecto fin de máster en logística*. Escuela de Ingenierías Industriales, Valladolid.
- Go Trendier. (2023). *Go Trendier*. Obtenido de <https://www.gotrendier.mx/>
- Gómez Delgado, M. (1995). El estudio de los residuos: definiciones, tipologías, gestión y tratamiento. *Serie Geográfica. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares*.(5), 21-42. Obtenido de <https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/1037/EI%20Estudio%2>

Ode%20los%20Residuos.%20Definiciones%2C%20Tipolog%C3%ADas%2C%20Gesti%C3%B3n%20y%20Tratamiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Gómez Montoya, R. A., Correa Espinal, A. A., & Vásquez Herrera, L. S. (2012). Logística inversa, un enfoque con responsabilidad social empresarial. *Criterio Libre*, 10(16), 143-158. doi:1900-0642
- Grupo Banco Mundial. (2020). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador>
- H&M Group. (2022). *Annual and Sustainability Report 2022*. Obtenido de <https://hmgroup.com>
- H&M Group. (2022). *Sustainability Disclosure 2022*. Obtenido de <https://hmgroup.com/sustainability/sustainability-reporting/>
- H&M Hennes & Mauritz AB. (2022). Obtenido de https://www2.hm.com/es_mx/index.html
- Inditex. (9 de Abril de 2021). *Inditex*. Obtenido de <https://www.inditex.com/web/guest/quienes-somos/nuestra-historia>
- INDITEX. (2022). *Memoria anual Grupo Inditex 2022*. Obtenido de https://static.inditex.com/annual_report_2022/pdf/Memoria-anual-grupo-inditex-2022.pdf
- Infinited Fiber Company Company. (2021). *Infinited Fiber Company*. Obtenido de <https://infinitedfiber.com/our-technology/>
- Ingaroca Paez, E. J. (2021). Propuesta para el plan de manejo de residuos sólidos de una empresa manufacturera textil. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias., Lima.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Colección de estudios sectoriales y regionales. Conociendo la Industria textil y de la confección*. Aguascalientes.
- Larios, R. P. (Octubre de 2019). El reto de la sostenibilidad en la industria textil. *Mundo Textil*, 159, 36-40. Obtenido de <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10185>
- Marcet, X., Marcet, M., & Vergés, F. (Febrero de 2018). Qué es la economía circular y por qué es importante para el territorio. *Papeles del Pacto Industrial*(4), 3-54. doi:2604-1561
- María, F. (17 de Junio de 2021). ¿Cuáles son los residuos de textiles y cómo se reciclan? *Ok diario*.
- Martinez Barreiro, A. (2008). La moda rápida: última transformación del sistema de la moda. *VI Congreso Portugues de Sociología*, 2-12.

- Miebach Consulting. (2020). *Gestión de la cadena de suministro sostenible ¿Cómo convertir la sostenibilidad en una historia de éxito?* Obtenido de www.miebach.com
- Naciones Unidas. (22 de Noviembre de 2022). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/>
- Nájera Ochoa, J. (2015). Modelo de competitividad para la industria textil del vestido en México. *Universidad & Empresa*, 37-68. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=187243060003>
- Neira Lopez, K. N. (2022). Nuevos métodos para la recuperación de fibras textiles a partir de residuos textiles. *Proyecto integral de grado para optar por el título de Especialista en gestión ambiental*. Facultad de Ingeniería Química y Ambiental, Bogotá D.C.
- Olarte Fiorillo, M. (2011). Propuesta de diseño de un modelo de logística reversa para el sector textil colombiano bajo la metodología SCOR. *Trabajo de Grado*. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería Industrial, Bogotá D.C.
- ONU. (12 de Abril de 2019). *El costo ambiental de estar a la moda*. Obtenido de Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2019/04/1454161#:~:text=Impacto%20ambiental%20de%20la%20industria%20de%20la%20moda%3A&text=La%20industria%20de%20la%20moda%20es%20responsable%20del%2020%25%20del%20un%20cami%C3%B3n%20de%20basura>
- Orús, A. (11 de Abril de 2023). *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/509277/valor-de-ventas-netas-de-inditex-por-marca/>
- Pietro, G. (2018). Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos. Oportunidades en América Latina. (C. B. Latina., Ed.) doi:978-980-422-092-0
- Prieto Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 15, 85-95. doi:2301-1092
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. (5 de Septiembre de 2016). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Obtenido de <https://www.gob.mx/profepa/documentos/ley-general-para-la-prevencion-y-gestion-integral-de-los-residuos-62914>

- Ramírez Echeverri, S. (2010). *Modelización de una cadena de abastecimiento (supply chain) para el sector textil-confección en el entorno colombiano*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- RESITEX. (2007). *Alternativas para la reducción del volumen de residuos en el sector textil mediante medidas de minimización*. LIFE05 ENV/E/000285. Proyecto RESITEX, AITEX. Obtenido de https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE05_ENV_E_000285_LAYMAN_ES.pdf
- Riaño, P., & Gestal, I. P. (3 de Mayo de 2016). *Modaes latinoamérica*. Obtenido de <https://www.modaes.com/back-stage/el-mapa-de-la-moda-2016-i-los-gigantes-de-la-gran-distribucion-mundial-es.html>
- Salvatierra, J. (01 de Marzo de 2021). *El país*. Obtenido de <https://elpais.com/economia/2021-02-28/crisis-en-la-industria-textil-un-2021-con-la-moda-de-hace-un-ano.html>
- SEDEMA. (2021). *Inventario de residuos sólidos de la Ciudad de México 2021*. Ciudad de México.
- Semarnat. (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf
- Semarnat. (2019). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Ciudad de México: Semarnat. Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>
- Slow Fashion Next. (2023). *Slow Fashion Next*. Obtenido de <https://slowfashionnext.com>
- Universidad Carpe Diem. (2021). *Diplomado en Economía Circular y negocios sustentables*.
- Vinajera Zamora, A., Marrero Delgado, F., & Cespón Castro, R. (28 de Septiembre de 2020). Evaluación del desempeño de la cadena de suministro sostenible enfocada en procesos. *Estudios Gerenciales*, 36(156), 325-336. doi:<https://doi.org/10.18046/j.estger.2020.156.3699>
- Zara. (2022). Obtenido de <https://www.zara.com/mx/es/sustainability-clothing-collection-mkt4892.html?v1=2045407>