



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD EN EL
SECTOR MODA**

Autor: Marta García Barrio

Director: Javier de la Plaza Poza

Madrid | Julio 2023

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Índice de sostenibilidad del sector moda

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2023 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Marta García Barrio

Fecha: ...03.../ ...07.../ ...2023...



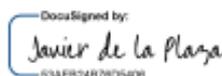
Signer ID: 2V5CC2MP10...

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Javier de la Plaza Poza

Fecha: ...03.../ ...07.../ ...2023...



DocuSigned by:
Javier de la Plaza
53AEB34B78D5408...



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD EN EL
SECTOR MODA**

Autor: Marta García Barrio

Director: Javier de la Plaza Poza

Madrid | Julio 2023

ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR MODA

Autor: García Barrio, Marta.

Director: De la Plaza Poza, Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto se basa en la creación de un modelo visual que ayude al consumidor en su proceso de compra a entender la diferencia de impacto medioambiental que tienen las prendas de ropa a lo largo de la cadena de valor en función de distintas variables como: la composición, grado de sostenibilidad de la materia prima (orgánica/ reciclada), tipo de tejido o lugar de fabricación.

Palabras clave: Impacto medioambiental, materias primas, fabricación, sostenibilidad, modelo visual, ropa, industria de la moda, transparencia.

1. Introducción

La industria de la moda es una de las que más impactan en la sostenibilidad ambiental, ocupa el segundo puesto como la industria más contaminante (Cortes, 2020), después de la petrolera; y contribuye a entre el 5% y el 10% de las emisiones globales de CO₂ (Charpail, 2022).

A nivel legislativo se han tomado una serie de medidas, para hacer frente a la tendencia actual del *fast fashion* o moda rápida y ayudar a los consumidores a realizar decisiones más sostenibles, fomentando la transparencia, o la cantidad de información que reciben los usuarios de moda, en la industria textil.

No obstante, la transparencia a lo largo de la cadena de valor sigue siendo uno de los principales problemas del sector, lo que implica que el consumidor medio no pueda llegar a conocer el impacto medioambiental que tienen sus compras y se guíe exclusivamente por el precio para su decisión de adquisición de un producto. En la actualidad no hay ninguna solución independiente que le ofrezca esta información al usuario de moda. Además, se considera que un consumidor informado es la palanca principal para conseguir un cambio sobre las prácticas de las empresas y consecuentemente su impacto medioambiental

2. Definición del Proyecto

El objeto final del proyecto es la creación de un índice visual que permita al consumidor comprender el impacto medioambiental, en términos del Potencial de Calentamiento Global, medido en emisiones de CO₂eq, de la producción y distribución de la prenda que se plantea adquirir. Además de evaluar la transparencia de la empresa que produce la prenda.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

El modelo está enfocado en el cálculo del potencial de calentamiento climático (KGCO₂eq) a lo largo de la cadena de valor de un bien textil.

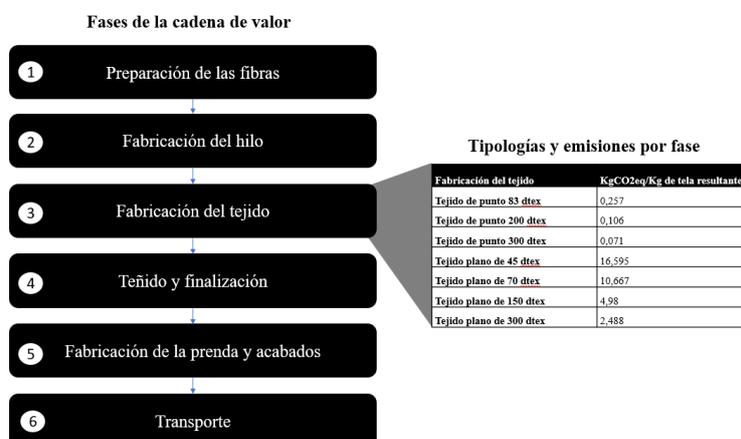


Ilustración 1 – fases de la cadena de la valor y ejemplo de tabla de datos de fabricación.

Como se puede observar en la figura anterior, existen seis fases principales en la cadena de valor, y de cada una de ellas se ha obtenido una tabla que separa las distintas tipologías dentro del eslabón de la cadena, y sus correspondientes emisiones por kilogramo de tela resultante. Para que, de esta forma, dependiendo de la prenda objeto de estudio, según distintas variables como la composición, tipo de tejido o transporte necesario para llegar al cliente final, se pueda calcular el impacto medioambiental medido en Kilogramos equivalentes de dióxido de carbono.

Además, también se tendrá en cuenta la transparencia de las marcas a partir de la información que ofrecen sobre su impacto medioambiental y social en sus páginas web. Ya que se cree importante que el consumidor conozca hasta qué punto puede encontrar detalles sobre el impacto por medio de la información publicada por la empresa productora de los bienes.

4. Resultados

Para una visión más global por parte del consumidor se ha creado un índice de visualización final. Este está dividido en dos semicírculos. El primero correspondiente a la transparencia utilizando de la marca de la prenda bajo estudio, y consta de dos elementos, el porcentaje de transparencia de la marca (dado por el *Fashion Transparency Index* del año 2022) y el color de fondo, que muestra el índice de color de la transparencia, que va de rojo (muy poco transparente) a verde (muy transparente).

En segundo lugar, el otro semicírculo corresponde al impacto medioambiental. Este, al igual que el semicírculo de la transparencia, poseerá un color de fondo según su

índice o grado de sostenibilidad, relacionado al número total de emisiones a lo largo de la cadena de valor de la prenda de ropa bajo estudio, utilizando el mismo código de colores que en el semicírculo de transparencia. Asimismo, se mostrará un desglose de emisiones porcentual por fases, para que el consumidor tenga la información y pueda comprender qué fase tiene más y menos impacto.

Para ejemplificar los modelos, en el trabajo se ha utilizado el caso de una camiseta básica de tejido plano de poliéster virgen 100%, cuyo índice de transparencia es rojo, es decir, la empresa que comercializa la camiseta presenta un muy bajo nivel de transparencia. El índice de sostenibilidad es un color entre amarillo y verde, lo que indica que el grado de sostenibilidad es medio-alto.

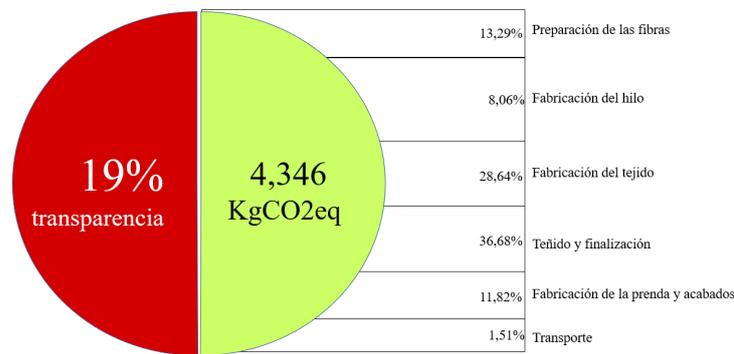


Ilustración 2 – Ejemplo del índice de visualización final

5. Conclusiones

Mediante la elaboración del modelo de cálculo de emisiones se han podido observar una serie de variables clave que hace que una prenda tenga un índice mayor o menor de sostenibilidad. En primer lugar, se pueden reducir hasta en cuatro veces las emisiones de CO₂eq si se produce localmente y la materia prima es cultivada de manera orgánica, o, en el caso de materiales de origen sintético, si se utiliza la materia prima reciclada. En otras palabras, si se utilizasen solo algodón orgánico y sintéticos reciclados, el impacto global de las emisiones del sector se vería considerablemente reducido.

Existe una gran diferencia en términos de emisiones totales entre las cadenas de valor de una camiseta de algodón convencional y otra de algodón orgánico. Incluso, una camiseta de algodón convencional según los resultados obtenidos, es menos sostenible que una de poliéster virgen.

Asimismo, se ha podido observar, que la producción de tejido de punto, al requerir menos energía, es considerablemente más sostenible que la producción de tejido plano en todos los escenarios bajo estudio.

El transporte, según los resultados obtenidos no tiene un gran impacto sobre el número total a lo largo de la cadena de valor de una camiseta. No obstante, si se

utiliza el avión como medio de transporte, las emisiones del mismo representarían un porcentaje importante sobre el total. Aun así, cuanto más cerca del consumidor final se lleve a cabo la producción textil, menos emisiones de CO2 equivalente habrá del proceso total.

También se ha visto, que la producción más sostenible dentro del modelo es la del **tejido de punto de algodón orgánico fabricado y cultivado localmente**, en este caso, en España.

No obstante, para generar un cambio en el sector, es imprescindible la concienciación del consumidor. Por ello es importante que conozca los impactos de sus compras, y que se interese por reducirlos al máximo posible, eligiendo prendas fabricadas con materiales lo más sostenibles posible.

6. Referencias

Charpail, M. (2022). *¿Qué le pasa a la industria de la moda?* Obtenido de Sustain your style: <https://es.sustainyourstyle.org/en/whats-wrong-with-the-fashion-industry>

Cortes, A. (28 de Abril de 2020). *El momento clave para concienciar sobre la segunda industria más contaminante del mundo*. Obtenido de El País : <https://elpais.com/ciencia/2020-04-28/el-momento-clave-para-concienciar-sobre-la-segunda-industria-mas-contaminante-del-mundo.html>

FASHION SUSTAINABILITY INDEX

Author: García Barrio, Marta.

Supervisor: De la Plaza Poza, Javier.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

PROJECT SUMMARY

The project is based on the creation of a visual model that helps consumers in their purchasing process to understand the difference in environmental impact of garments along the value chain depending on different variables such as: composition, degree of sustainability of the raw material (organic/recycled), type of fabric or place of manufacture.

Key words: environmental impact, raw materials, manufacturing, sustainability, visual model, clothing, fashion industry, transparency.

1. Introduction

The fashion industry is one of the industries with the greatest impact on environmental sustainability, ranking as the second most polluting industry (Cortes, 2020), after the oil industry; and contributes to between 5% and 10% of global CO₂ emissions (Charpail, 2022).

At the legislative level, a number of measures have been taken to address the current trend of fast fashion and to help consumers make more sustainable choices by encouraging transparency, or the amount of information that fashion users receive, in the textile industry.

However, transparency along the value chain remains one of the main problems in the sector, meaning that the average consumer is unable to get to know the environmental impact of their purchases and is guided solely by price in their decision to purchase a product. There is currently no independent solution that offers this information to the fashion user. Moreover, an informed consumer is considered to be the main lever to bring about a change in the practices of companies and consequently their environmental impact.

2. Project definition

The final objective of the project is the creation of a visual index that allows the consumer to understand the environmental impact, in terms of Global Warming Potential, measured in CO₂eq emissions, of the production and distribution of the garment they are considering purchasing. In addition to assessing the transparency of the company producing the garment.

3. Description of the model/system/tool

The model is focused on the calculation of the global warming potential (KGCO₂eq) along the value chain of a textile good.

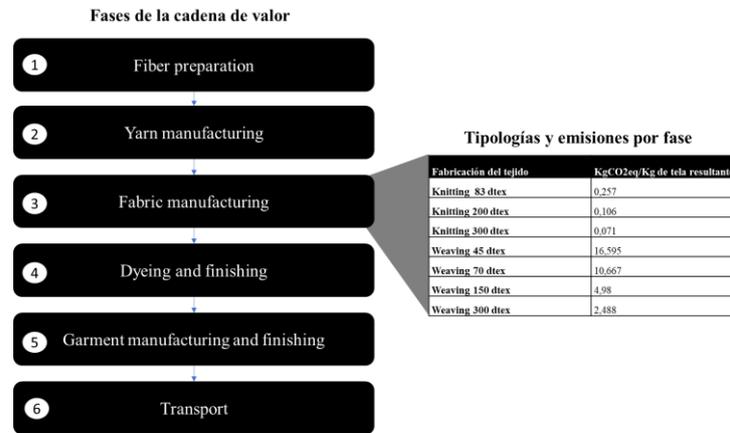


Illustration 1 - value chain stages and example of manufacturing data table.

As can be seen in the figure above, there are six main stages in the value chain, and from each of them a table has been obtained that separates the different typologies within the link in the chain, and their corresponding emissions per kilogram of resulting fabric. In this way, depending on the garment under study, according to different variables such as composition, type of fabric or transport needed to reach the end customer, the environmental impact measured in kilograms of carbon dioxide equivalent can be calculated.

In addition, the transparency of the brands will also be taken into account based on the information they provide on their environmental and social impact on their websites. It is important for consumers to know to what extent they can find details on the impact through the information published by the company producing the goods.

4. Results

For a more global view by the consumer, a final display index has been created. This is divided into two semicircles. The first corresponds to the transparency using the brand of the garment under study, and consists of two elements, the percentage of transparency of the brand (given by the Fashion Transparency Index of the year 2022) and the background color, which shows the color index of transparency, ranging from red (very little transparency) to green (very transparent).

Secondly, the other semicircle corresponds to the environmental impact. This, like the transparency semicircle, will have a background color according to its index or degree of sustainability, related to the total number of emissions along the value chain of the garment under study, using the same color code as in the transparency semicircle. A breakdown of percentage emissions by phase will also be shown, so that

the consumer has the information and can understand which phase has more and less impact.

To exemplify the models, the work has used the case of a basic 100% virgin polyester T-shirt, whose transparency index is red, i.e., the company that markets the T-shirt has a very low level of transparency. The sustainability index is a color between yellow and green, which indicates that the degree of sustainability is medium-high.

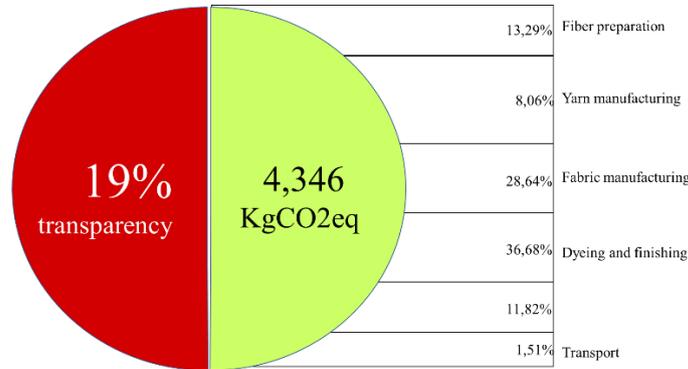


Illustration 2 – Example of Final display index

5. Conclusions

Through the development of the emissions calculation model, it has been possible to observe a series of key variables that make a garment have a higher or lower sustainability index. Firstly, CO₂eq emissions can be reduced by up to four times if it is produced locally and the raw material is organically grown, or, in the case of synthetic materials, if recycled raw materials are used. In other words, if only organic cotton and recycled synthetics were used, the overall emissions impact of the sector would be considerably reduced.

There is a big difference in terms of total emissions between the value chains of a conventional cotton T-shirt and an organic cotton T-shirt. According to the results obtained, a conventional cotton T-shirt is even less sustainable than one made of virgin polyester.

It has also been observed that the production of knitted fabrics, since it requires less energy, is considerably more sustainable than the production of plain fabrics in all the scenarios under study.

Transportation, according to the results obtained, does not have a major impact on the total number along the value chain of a T-shirt. However, if air travel is used as a means of transport, emissions from air travel would represent a significant percentage of the total. Even so, the closer the textile production is carried out to the final consumer, the less CO₂ equivalent emissions there will be from the total process.

It has also been seen that the most sustainable production within the model is that of organic cotton knitted fabric manufactured and grown locally, in this case, in Spain.

However, in order to generate a change in the sector, consumer awareness is essential. It is therefore important that they are aware of the impacts of their purchases, and that they take an interest in reducing them as much as possible, choosing garments made from the most sustainable materials possible.

6. Referencias

Charpail, M. (2022). *¿Qué le pasa a la industria de la moda?* Obtenido de Sustain your style: <https://es.sustainyourstyle.org/en/whats-wrong-with-the-fashion-industry>

Cortes, A. (28 de Abril de 2020). *El momento clave para concienciar sobre la segunda industria más contaminante del mundo.* Obtenido de El País : <https://elpais.com/ciencia/2020-04-28/el-momento-clave-para-concienciar-sobre-la-segunda-industria-mas-contaminante-del-mundo.html>

Índice de la memoria

Capítulo 1: Introducción.....	18
1.1 Introducción.....	18
1.2 Motivación.....	19
Capítulo 2: Estado de la Cuestión	20
2.1 Introducción.....	20
2.2 Transparencia.....	21
2.3 El consumidor.....	22
Capítulo 3: Definición del Trabajo	25
3.1 Justificación del proyecto	25
3.2 Objetivo del proyecto	25
3.3 Metodología del proyecto.....	26
Capítulo 4: Modelo desarrollado	27
4.1 Cadena de valor	27
4.2 Preparación de las fibras.....	28
4.2.1 Fibras naturales.....	29
4.2.2 Fibras hechas por el hombre.....	29
4.3 Fabricación del hilo	32
4.4 Fabricación del tejido	33
4.5 Teñido y finalización del tejido	33
4.6 Fabricación de la prenda y acabados	34
4.7 Transporte.....	34
Capítulo 5: Modelo de Cálculo	37
5.1 Enfoque.....	37
5.2 Preparación de las fibras textiles	38

5.2.1 Algodón	38
5.2.2 Fibras sintéticas	39
5.3 Fabricación del hilo	40
5.3.1 Algodón	40
5.3.2 Fibras sintéticas	40
5.3.4 Tabla: de fabricación de hilo	41
5.4 Fabricación del tejido	41
5.5 Teñido y finalización	42
5.6 Fabricación de la prenda y acabados	43
5.7 Transporte	44
Capítulo 6: Modelo de Visualización	45
6.1 Transparencia.....	47
Capítulo 7: Resultados	50
7.1 Escenarios de aplicación.....	50
7.2 Aplicación del modelo de cálculo	51
7.2.1 Algodón convencional.....	51
7.2.2 Algodón orgánico cultivado en España	53
7.2.3 Poliéster Virgen	55
7.2.4 Poliéster reciclado.....	57
7.3 Análisis de resultados de cálculo.....	59
7.4 Aplicación del modelo de visualización.....	61
7.4.1 Algodón convencional.....	62
7.4.2 Algodón orgánico cultivado en España	65
7.4.3 Poliéster Virgen	68
7.4.4 Poliéster Reciclado	71
Capítulo 8: Conclusiones	74
8.1 Conclusiones.....	74

8.2 Futuros proyectos	75
Capítulo 9: Bibliografía	77
Capítulo 10: Anexos	82
10.1 Anexo 1: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas	82

Capítulo 1: Introducción

1.1 Introducción

En la actualidad se está comenzando a generar en la sociedad una mayor conciencia sobre la importancia de un cambio de mentalidad hacia la sostenibilidad. Asimismo, se están introduciendo leyes con el objetivo de frenar el cambio climático y reducir la cantidad excesiva de residuos.

La industria de la moda es una de las que más impactan en la sostenibilidad ambiental y social. Se sitúa en el tercer puesto en la sobreexplotación de recursos naturales entre los que destacan el agua y los terrenos, en el segundo puesto como la industria más contaminante (Cortes, 2020), después de la petrolera; y contribuye a entre el 5% y el 10% de las emisiones globales de CO₂ (Charpail, 2022). Por ello, organizaciones como la Unión Europea se están centrando en guiar a la industria hacia la transición efectiva, una economía circular, enfocada en la creación de un sector en el que se reduzcan los residuos y se creen prendas de una manera más sostenible, aumentando el número de usos que se le puedan dar y utilizando tejidos reciclables.

Uno de los factores que más influyen a la situación actual de la industria de la moda es la presencia del *fast fashion* o moda rápida, centrada en la producción rápida y poco costosa de prendas, normalmente mediante la deslocalización o producción en países donde las legislaciones son más permisivas y los costes de producción y de mano de obra son bajos. Como consecuencia de este modelo de negocio, se fomenta el consumo no necesario, donde, por ejemplo, una de cada 5 prendas compradas acaba en la basura si haber sido utilizadas (Berg, y otros, 2020) y que lleva a su vez a la existencia de grandes cantidades de residuos. Entre el 25% y el 40% de los tejidos que se utilizan para estas prendas no se puede ni reciclar, ni reutilizar, y acaban convirtiéndose en residuos (Comisión Europea, 2022).

Por el contrario, se ha creado un modelo opuesto, el *slow fashion*, o moda lenta, que está enfocada en la producción de prendas duraderas, con tejidos mayoritariamente reciclables o reciclados. En este tipo de producción se utilizan un menor número de recursos y se aboga por la sostenibilidad, la producción nacional, y el trato justo hacia la mano de obra.

En la actualidad, palabras como “sostenibilidad”, “impacto positivo” o “compromiso” no están reguladas por ningún organismo, y es bastante sencillo que el consumidor medio piense que está comprando un producto “sostenible”, sin este verdaderamente serlo. Además, algunas empresas, tanto grandes multinacionales como pymes, utilizan estas etiquetas para atraer la atención del consumidor e incrementar el valor que este puede llegar a dar a sus productos. Esta técnica se denomina *Greenwashing*, es muy común, y no está regulada por el gobierno. Por ello, la creación de un índice de sostenibilidad que esté al alcance de los compradores puede facilitar la tarea de visualizar el efecto que una empresa de la industria de la moda tiene sobre el medio ambiente, y como su compra puede influir tanto positiva como negativamente en el planeta.

1.2 Motivación

El objeto de la realización del proyecto es otorgar un conocimiento certero al consumidor del impacto medioambiental y social que tienen sus compras de moda, y de esta forma, que tome la decisión de llevar a cabo la adquisición de prendas sabiendo lo que verdaderamente está pagando y cómo está contribuyendo al medio ambiente.

Asimismo, al ser de una fuente independiente y objetiva, que únicamente se centrará en los datos observados, será más verosímil y sencillo de comprender. De esta manera el consumidor podrá confiar más fácilmente en los datos obtenidos, y entender su propio impacto en el planeta.

Capítulo 2: Estado de la Cuestión

2.1 Introducción

Los tratados y la legislación en materia medioambiental se están desarrollando de manera rápida, tanto a nivel nacional con la Ley de Residuos (2022) o a nivel europeo con los objetivos de la Unión Europea para 2030, y también globalmente como el Acuerdo de París de 2016.

En el ámbito textil, el pasado 1 de junio de 2023, el Parlamento Europeo aprobó una ley para la regulación de las prendas que se comercialicen en la Unión Europea (2023). Estas deben tener una mayor durabilidad, y debe ser más sencilla su reutilización y reciclado (European Parliament, 2023). Con estas medidas, se plantea hacer frente a la tendencia actual del *fast fashion* o moda rápida y ayudar a los consumidores a realizar decisiones más sostenibles, fomentando la transparencia, o la cantidad de información que reciben los usuarios de moda, en la industria textil. Asimismo, quieren prohibir la destrucción de prendas que no se hayan podido comercializar y mejorar la transparencia en la comunicación.

La *Unión Europea* ha decidido contar con su propia etiqueta de sostenibilidad fiable que puede ser solicitada por las empresas que cumplan unos requisitos marcados (Comisión Europea, 2022). Ésta puede ser complicada de conseguir, y es cierto, que en algunas ocasiones empresas que siguen prácticas sostenibles no la demandan.

En este contexto, el consumidor cada vez es más consciente de la sostenibilidad, afectado también por el COVID-19, donde dos tercios de los consumidores de moda dicen que limitar el cambio climático se ha convertido en algo todavía más importante (Berg, y otros, 2020).

En la industria de la moda hay que tener en cuenta que la cadena de valor de la misma está fragmentada (Sandrea & Boscán, 2004), y aunque, existen muchas empresas integradas verticalmente, el sector está generalmente fraccionado y las empresas que producen, transportan o venden son diferentes y esto añade dificultad en los esfuerzos de medición de impactos y trazabilidad.

Las empresas del sector están avanzando en materia de sostenibilidad, comprometiéndose con un conjunto de objetivos y poniendo en marcha distintos tipos de iniciativas: inversiones en reciclaje de prendas (Deeley, 2023), desarrollando creación de tejidos y modelos de producción que tengan un impacto positivo en el medio ambiente (Inditex, 2022), creación de embalajes biodegradables, etc.

En la evolución hacia la descarbonización en el sector todavía queda mucho por hacer. Estudios como el realizado por *McKinsey* y *Global Fashion Agenda* en el año 2020 manifiestan que, mediante el uso de energías renovables en los procesos de producción y distribución, se puede llegar a cumplimentar el 60% de los objetivos propuestos en cuanto a emisiones de dióxido de Carbono para el 2030 (Berg, y otros, 2020). Sin embargo, para conseguir avances significativos, es necesario aumentar de manera considerable la inversión en el sector que redundaría tanto en beneficios climáticos, como económicos, donde el 55% de las palancas identificadas en el informe tienen impacto económico.

Las empresas, ante la mayor conciencia medioambiental de los consumidores y accionistas han realizado un esfuerzo muy relevante en materia de comunicación. Les han comenzado a trasladar objetivos ambiciosos y a comunicar iniciativas que no siempre han sido respaldadas por hechos demostrables, que ha dado lugar al llamado “Greenwashing”, o utilización de etiquetas de sostenibilidad para productos que no lo son. Si se descubre está práctica, se produce un efecto claro de desconfianza en el consumidor medioambientalmente responsable.

2.2 Transparencia

La transparencia en la industria de la moda se puede definir como la capacidad de las distintas empresas en este sector de dar información sobre su impacto social y medioambiental. La transparencia no mide el impacto, solo la información certera que las compañías ofrecen a sus clientes. Según el *Fashion Transparency Index*, en 2022, la media de transparencia en la industria fue de 24 puntos sobre 100, y un tercio de las 250 grandes marcas o empresas que participan (deben tener una facturación anual superior a 400 millones de dólares) tienen una puntuación menor de 10 puntos sobre 100 (Fashion Revolution, 2022). Este índice destaca que más de la mitad de las empresas describen sus objetivos de sostenibilidad, pero no muestran sus resultados, ni en qué medida están

consiguiendo lo que manifiestan en sus páginas web, que en muchas ocasiones resulta poco específico. Asimismo, solo el 29% de las grandes marcas participantes en el estudio relataron su intención de reducir su huella de carbono (Wrey, 2022). Además, el 96% de estas empresas, no han hecho público cuántos trabajadores dentro de la cadena de valor reciben salarios suficientes para subsistir, o dentro del salario mínimo legal en el país donde este el eslabón de la cadena (Wrey, 2022).

Muy relacionado con el concepto de transparencia, se encuentra el de trazabilidad, que permite conocer la procedencia de cada uno de los elementos que forman la prenda. Por ejemplo, en el caso de una camiseta de algodón consistiría en saber dónde ha sido producido el tejido, con qué tipo de fibras de algodón, y su origen, para de esta forma, poder conocer el impacto medioambiental de la prenda. La trazabilidad se mide utilizando el porcentaje de información disponible: el 100% se corresponde cuando se conoce hasta la fábrica en la que se produce el componente, el 66%, cuando únicamente se sabe la ciudad de procedencia, el 33%, cuando la información se reduce al país de producción, y el 0% cuando no se conoce absolutamente nada. La trazabilidad completa de una prenda vendrá dada por la media ponderada de la trazabilidad de cada uno de sus componentes.

La mitad de las marcas poseen una puntuación entre 0 y 5 sobre 100 en el ámbito de la trazabilidad, por lo que, para el consumidor que compra alguna de estas marcas, es prácticamente imposible conocer la procedencia de los productos que está adquiriendo. La puntuación media de las 250 marcas en trazabilidad en 2022 fue de un 21 sobre 100 (Fashion Revolution, 2022). No obstante, aunque cada año la media de información presentada por las empresas se incrementa, esta sigue siendo muy baja. Por ejemplo, solo el 12% de las 250 marcas da información sobre sus proveedores de materia prima, el 32% de las instalaciones que se utilizan para procesar las materias primas, y el 48% sobre los fabricantes de primera línea (Fashion Revolution, 2022).

2.3 El consumidor

En el camino hacia la descarbonización, el comportamiento del consumidor es clave, tanto en el uso de las prendas como en sus decisiones de compra de productos sostenibles

En primer lugar, si analizamos el uso de las prendas, identificamos que contribuye cerca del 20% de las emisiones totales de CO₂eq del total de la “vida” del producto (Berg, y

otros, 2020). Actividades como el uso de la lavadora y secadora son los mayores contribuyentes a este porcentaje.

Si se logra reducir la frecuencia del lavado de las prendas, se pusiesen lavadoras únicamente cuando se tienen suficiente ropa para llenar la lavadora, y se minimizase la utilización de la secadora, se podría contribuir potencialmente al cumplimiento del objetivo de 2030, de evitar que la temperatura terrestre aumente más de 1,5°C. Para comprender ligeramente el impacto de dichos electrodomésticos, 50 lavados de 1kg de ropa a 40°C, y la posterior utilización de la secadora, contribuyen al Potencial de Calentamiento Global con alrededor de 3,1kg CO₂eq (van der Velden, Patel, & Vogtländer, 2013).

La reutilización de las prendas permite expandir la vida útil de un producto, y podrían llegar a reducir hasta 143 millones de toneladas de gases de efecto invernadero en el transcurso de 10 años (Berg, y otros, 2020).

Existen distintos modelos de reutilización. El *re-commerce*, o venta de segunda mano, que ya representa el 7% de la industria del *retail* según su cuota de mercado. Mediante este modelo, la vida de los productos textiles se puede alargar en 1,7 veces (Berg, y otros, 2020) y se da nuevos usos a prendas que se tienen en el armario y no se utilizan.

Otro modelo de reutilización es el alquiler de prendas de ropa, que permite que el consumidor pueda utilizar una prenda durante un tiempo limitado. Este modelo posibilita evitar la compra, particularmente aquella realizada por impulso. Al no comprar ropa, esto provoca que se reduzca la demanda, la producción de la misma y consecuentemente el consumo de recursos naturales, la generación de residuos, y las emisiones de gases de efecto invernadero. Con este modelo también se alarga el ciclo de vida de una prenda en 1,8 veces (Berg, y otros, 2020), y llega a suponer un ahorro económico para los consumidores.

La sociedad se encuentra lejos del modelo circular en el que la venta de prendas utilizadas sobrepase al de las nuevas, y a pesar de que ha aumentado el consumo de prendas de segunda mano o de alquiler, también lo han hecho las compras de productos textiles nuevos (García-Mauriño Villanueva, 2019). De esta manera, no se logra conseguir la reducción de emisiones ansiadas, y resulta más complicado llegar a los objetivos de emisiones del gobierno.

En segundo lugar, si analizamos la decisión de compra del consumidor, nos encontramos que en muchas ocasiones el comprador no se interesa por el lugar de procedencia de las prendas que adquiere, ni se para a pensar cuanto sabe en realidad de la ropa que lleva puesto. Es decir, quién la ha producido o cuánto ha costado verdaderamente su fabricación, además del impacto que esta haya podido tener sobre el medio ambiente. Si éste no pone de su parte e investiga, no sabrá que empresas le están facilitando esa información, y cuáles, por el contrario, la mantienen de forma confidencial.

Se identifica, por tanto, una doble necesidad, por un lado, informar al consumidor y hacerle consciente del impacto medioambiental de la ropa que lleva y, por otro lado, garantizar la fiabilidad de la información relativa a ese impacto.

Con el objetivo de garantizar al consumidor el origen sostenible de las materias primas, existen una serie de etiquetas, como la certificación *Global Organic Textil Standard* (GOTS) que manifiesta que la prenda se ha realizado con como mínimo un 70% de fibras naturales orgánicas, o *Global Recycled Standard* (GRE) que indica que la pieza textil se ha producido en su totalidad con materias primas recicladas (*Bone Alive, 2023*). Éstas pueden servir de gran ayuda al consumidor, para asegurarse de que la composición que muestra la marca en su página web sea completamente cierta.

En la actualidad, existen varias páginas web, como *Vaayu* o *Ecochain* que miden el *Global Warming Potential*, o el Potencial de Calentamiento Global en castellano (emisiones de dióxido de carbono equivalentes), a lo largo de la cadena de valor. No obstante, este servicio es exclusivo para las empresas de la industria de la moda que lo contratan, y dichas pueden decidir qué hacer con la información, si hacerla o no pública y si lo hiciesen, la manera en la quieren mostrar a los consumidores. Sin embargo, a causa de la poca transparencia que existe en las empresas de este sector, los detalles sobre el impacto medioambiental de las adquisiciones no suelen revelarse.

Por lo que, aunque existen sistemas de cálculos bastante precisos basados en la información, normalmente no revelada por las empresas, ésta no se hace pública al consumidor, y es muy complicada de obtener con los datos existentes en las páginas web o en las etiquetas.

Capítulo 3: Definición del Trabajo

3.1 Justificación del proyecto

En la industria de la moda, la mayoría de empresas no muestran a sus clientes el impacto medioambiental de su actividad. Suelen tener un apartado de sostenibilidad en sus páginas web que indica cuáles son sus objetivos de emisiones, además, en el caso de que esto ocurra, no manifiestan sus datos de emisiones, solo algunas actividades que planean realizar para disminuirlos.

El vestirse es una actividad presente en la vida de todos los individuos. Es cierto que se le puede dar más o menos importancia a la forma de vestir, puede variar la frecuencia de compra, o puede existir un interés añadido en la moda, más allá de un acto común en sociedad, como es vestirse. No obstante, no se posee mucha información de la procedencia de las prendas. Como mucho, se tienen los datos presentes en las etiquetas de las prendas, que suelen contener el lugar de fabricación y la composición de la prenda en términos de fibras textiles (Your Europe, 2023). Pero, ¿hasta qué punto se conoce el impacto de una prenda de ropa con solo mirar la etiqueta, o en la web de la empresa que la comercializa?

La respuesta a esta pregunta es que es muy complicado conocerlo, a no ser, que la empresa decida ofrecer al consumidor transparencia absoluta de todos los procesos a lo largo de la cadena de valor. Sin embargo, al estar la cadena de valor tan fracturada, y al haber tantas empresas, en algunas ocasiones, ni las propias empresas comerciantes de bienes al consumidor final conocen la verdadera procedencia de todo lo que comercializan ya que no existe trazabilidad completa de la cadena de valor.

3.2 Objetivo del proyecto

El objeto final del proyecto es la creación de un índice visual que permita al consumidor comprender el impacto medioambiental, en términos del Potencial de Calentamiento Global, medido en emisiones de CO₂eq, de la producción y distribución de la prenda que se plantea adquirir. Además de evaluar la transparencia de la empresa que produce la prenda.

3.3 Metodología del proyecto

La metodología que se ha seguido en el proyecto consta de los siguientes pasos:

1. Obtención de información detallada sobre la situación actual de la industria de la moda en términos de sostenibilidad.
2. Estudio de los distintos eslabones dentro de la cadena de valor y de la contribución de cada uno de ellos al Potencial de Calentamiento Global. Se han considera las fases desde la obtención de materias primas hasta la venta del producto. Al ser información asociada a la decisión de compra, no se ha incluido la fase de uso y reciclado de la prenda.
3. Información sobre los métodos que se pueden realizar para obtener los datos necesarios a partir de información pública presente en informes de la industria, bases de datos, o estudios científicos previos.
4. Diseño de un modelo de cálculo de emisiones para las prendas seleccionadas como objeto de estudio.
5. Diseño de un modelo de visualización y creación de un índice por colores que facilite al consumidor la comprensión sobre el impacto de la prenda textil que se plantea adquirir.
6. Creación de distintos escenarios de cálculo según el tipo de fibra textil, de producción, el lugar de fabricación o el transporte utilizado para la distribución.
7. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero de cada uno de los escenarios por kilogramo de prenda resultante, en emisiones de dióxido de carbono equivalentes.
8. Aplicación del modelo de visualización para distintas prendas comercializadas según una serie de variables escogidas.
9. Análisis de los resultados obtenidos.
10. Futuros trabajos planteados para la consecución del objetivo final.

Capítulo 4: Modelo desarrollado

4.1 Cadena de valor

Como se ha explicado anteriormente, la cadena de valor en la industria de la moda está segmentada, es decir, cada eslabón de la cadena lo suele realizar un agente distinto. A continuación, se mostrará la cadena productiva general utilizada en la industria textil.

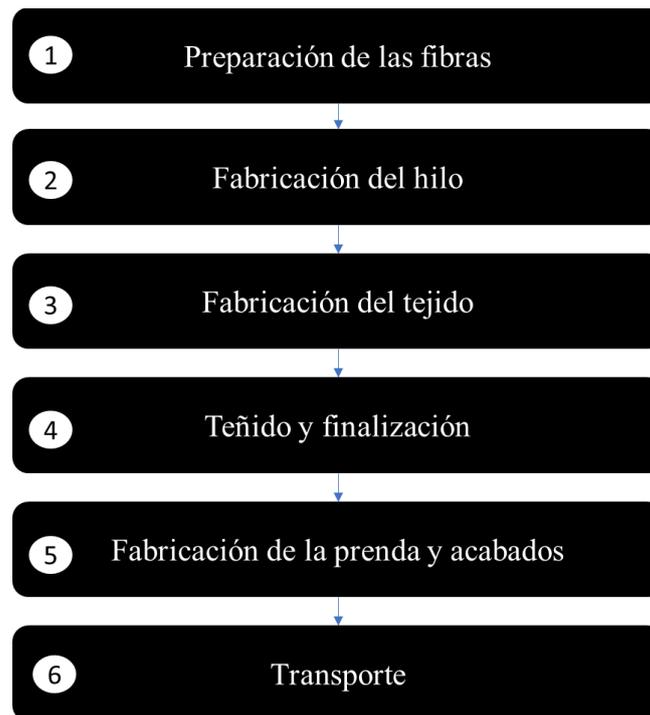


Figura 1: cadena de valor en la industria textil

Fuente: elaboración propia basada en (Senthilkannan Muthu, 2014)

En esta se pueden observar seis eslabones en la cadena de valor textil. La mayoría de las actividades de la cadena se realizan en distintas instalaciones industriales, a lo largo de una cadena de valor extensa y, como ya se ha comentado, pueden ser ejecutadas por distintos agentes. Estas actividades van desde la preparación de las fibras textiles a la fabricación de la prenda final.

4.2 Preparación de las fibras

La primera fase de la fabricación de prendas de ropa consiste en la extracción de la materia prima para configurar fibras textiles, que, tras diversos procesos, como el hilado, o producción del tejido crudo se convertirán en el tejido final que constituye la indumentaria textil. En primer lugar, las fibras textiles se dividen en dos grandes grupos, las fibras textiles naturales, y las hechas por el hombre. Las primeras se dividen a su vez según su origen en animales y vegetales. Las segundas en dos subgrupos: celulósicas, como el rayón/ viscosa, que se obtienen a partir de la transformación de polímeros naturales y las sintéticas, como el poliéster, generadas a partir del petróleo.

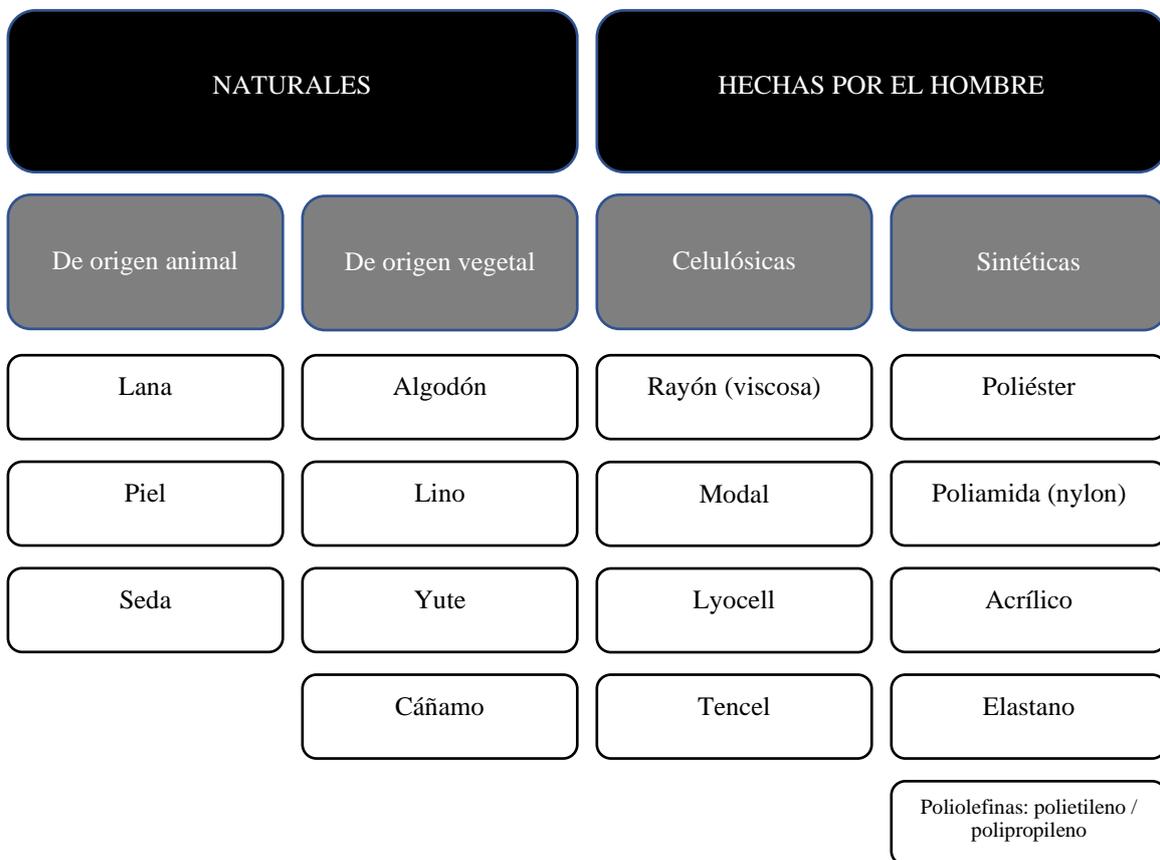


Figura 2: clasificación de las principales fibras textiles

Fuente: elaboración propia basada en (García Frutos, 2021)

4.2.1 Fibras naturales

Las fibras naturales se forman a partir de hebras de origen animal o vegetal, con las que después de limpieza y cardado entre otros, se fabrica el hilo con el que se obtiene el tejido final.

Dentro de las fibras naturales de origen vegetal, las más utilizadas en la industria textil son las fibras de algodón. Estas se dividen principalmente en dos tipos, las cultivadas de manera convencional, que representan la mayor parte de la producción total de algodón; y las cosechadas de forma orgánica. En la temporada 2020/2021 las fibras de algodón orgánico representaban el 24% del total de algodón producido, tres puntos porcentuales por debajo que en la temporada 2019/2020 (Textile Exchange, 2022), debido a cambios desfavorables del clima, al mercado o a cambios sociopolíticos. En el año 2025, para una producción más sostenible, se pretende llegar a una relación de la producción de 50/50, para de esta manera, disminuir las desventajas climáticas derivadas de la cosecha de las fibras convencionales, y más concretamente del uso de fertilizantes sintéticos. Por cada kilo de algodón en bruto, se utiliza un tercio de kilo en fertilizantes sintéticos (Laursen, y otros, 2007). Según la *Environmental Justice Foundation* el 2.5% de la tierra cultivada corresponde al algodón, y el 16% de todo el uso que se da a insecticidas se realizan en el mismo (Senthilkannan Muthu, 2014).

Dentro de la producción del algodón orgánico, el lugar donde se haya cosechado es bastante influyente, debido a distintos métodos de producción que se pueden utilizar, y de los programas u objetivos que se tengan que cumplir. El algodón orgánico cultivado en India emite 3,75kg de CO₂ por tonelada de fibra hilada, mientras que el producido en Estados Unidos emite 2,35kg, utilizando la misma unidad de medida (Cherrett, Barrett, Clemett, Chadwick, & Chadwick, 2005) . Por otro lado, el algodón convencional, durante sus procesos de producción emite alrededor de 5,89kg de CO₂ por tonelada de fibra hilada (Cherrett, Barrett, Clemett, Chadwick, & Chadwick, 2005).

4.2.2 Fibras hechas por el hombre

Este tipo de fibras se producen a partir de procesos químicos, dentro de éstas, las más utilizadas son las sintéticas y las celulósicas. Las fibras sintéticas se elaboran a partir de energías no renovables. Requieren una mayor cantidad de energía en la fase de

producción, y emiten más CO₂ que el resto de fibras durante la fase de fabricación. Además, para su elaboración se necesita una gran cantidad de químicos (Senthilkannan Muthu, 2014).

Dentro de este tipo de fibras, la fibra más empleada en la industria debido a su bajo coste es el poliéster, que representa el 54% de la producción textil total (Textile Exchange, 2022). Dentro de este porcentaje, solo en alrededor del 14% de la producción de prendas de ropa se utiliza el poliéster reciclado (Textile Exchange, 2022). Se necesitaría fomentar e incrementar el reciclaje de dicho material, ya que aparte de ser uno de los materiales más sencillos de reciclar, también se reducirían en un 20% las emisiones de dióxido de carbono, además en un 99% el consumo de agua o un 62% el consumo de energía (Fashion United, 2018). La producción de poliéster puede llegar a necesitar 127MJ/Kg en Estados Unidos y 104MJ/kg en Europa, y a emitir 2,31kg de CO₂ por kilogramo de poliéster producido (Kalliala, Nousiainen, & Pertti, 1999). Por lo que, con los porcentajes anteriores, las necesidades energéticas serían de entorno a 48MJ/Kg a 40MJ/kg, y las emisiones de dióxido de carbono se situarían alrededor de 1,85Kg.

Continuando con las fibras sintéticas, la poliamida o nylon, a diferencia del poliéster, durante su producción se necesita más energía (250 MJ/Kg de fibra) (Senthilkannan Muthu, 2014), emite una mayor cantidad de emisiones de CO₂, y es muy difícil de reciclar. Si se quema, puede emitir gases muy peligrosos tanto para el medio ambiente, como la salud humana (Observatorio plástico, 2010). En la industria textil hay dos tipos de nylon, nylon 6 y nylon 66. El primero de ellos se considera más flexible y fácil de procesar, asimismo, está asociado a un menor número de emisiones de gases de efecto invernadero (OECOTEXTILES, 2012). Un kilogramo de nylon 6 desprende a la atmósfera 5,5kg de CO₂, mientras que un kilogramo de nylon 66 libera 6,5kg de CO₂ (Senthilkannan Muthu, 2014). No obstante, las ventajas del nylon 66 frente al nylon 6 son que es más resistente y estable térmicamente.

Por último, dentro de las fibras sintéticas, las menos contaminantes en cuanto a emisiones son las poliolefinas, el polietileno y el polipropileno, producidas mediante la polimerización del etileno y propileno respectivamente. El polietileno puede ser de alta (HDPE) o de baja densidad (LDPE). La producción del HDPE emite 1,6kg de CO₂ por kg de fibra resultante, mientras que el LDPE emite 1,2 Kg de CO₂ por kilogramo de fibra resultante (Senthilkannan Muthu, 2014). El polipropileno, sin embargo, libera 1,7kg de

CO₂ por cada kilogramo producido (Senthilkannan Muthu, 2014). De la misma forma, el PET, tereftalato de polietileno, es un tipo de poliolefina que se utiliza en la producción textil, y es muy común en prendas recicladas. Para su producción se emiten 2,698 kgCO₂eq/kg de tela resultante (van der Velden, Patel, & Vogtländer, 2013).

Prosiguiendo con las fibras celulósicas, éstas se producen mediante la transformación de polímeros naturales, utilizando la celulosa como material principal. Además, para dotar a dichas fibras de una mayor elasticidad, se suelen juntar con fibras naturales. La producción de las fibras celulósicas aumentó de 6,5 millones de toneladas en 2020 a 7,2 millones de toneladas en 2021 (Textile Exchange, 2022). Dicha producción representa alrededor del 0,5% de la producción textil total, y se espera que este porcentaje aumente en los próximos años (Textile Exchange). Sus principales consecuencias climáticas están relacionadas con la deforestación que ocurre exclusivamente para producir rayones como la viscosa o el modal, que, a su vez, para su producción requieren una gran cantidad de químicos que pueden resultar perjudiciales para la salud humana. No obstante, también existen rayones sostenibles, como el Lyocell, o el Tencel, cuya producción se enfoca en el reciclaje de los químicos utilizados, y en el caso del Tencel, se obtiene a partir de eucaliptos de bosques certificados, que no usan productos químicos de riesgo (Nguyen, 2022).

Los procesos seguidos para la formación de fibras sintéticas son bastante diversos a los de las fibras naturales:

1. En primer lugar, se obtiene la **materia prima**, en este caso, dichas fibras se obtienen a partir de fuentes no renovables, como el petróleo.
2. Posteriormente, se realizan mediante el uso de diversos químicos, procesos de **polimerización**, en los que polímeros de cadena corta, por la acción de monómeros que se van añadiendo pasan a ser polímeros de cadena larga.
3. No obstante, al convertirse de esta forma en un **material viscoso**, no se puede usar para fabricar tejidos, por ello, se lleva a cabo un **procedimiento de extrusión**, mediante el que se solidifican los polímeros de cadena larga resultante.
4. Se estiran y se orientan, para enfriarlos, y prepararlos para que las fibras textiles resultantes en puedan continuar con el proceso de formación del **hilo**.

En el caso de las fibras artificiales celulósicas, siguen un proceso peculiar al ser su materia prima de origen natural, pero estar sometidas a procesos artificiales de polimerización mediante el uso de diversos químicos:

1. El primer paso, consiste en **obtener celulosa** a partir de madera, algodón o bambú.
2. Una vez adquirida la celulosa, **se disuelve** para conseguir una solución viscosa.
3. Se **filtra y desgasifica** para eliminar las impurezas que pueda tener.
4. Posteriormente, como con las fibras sintéticas, se realiza un **proceso de extrusión** para coagularlas con sulfato de sodio y obtener hilos de fibras (Todo en Polímeros).
5. Éstos, una vez preparados, es decir, orientados y estirados, pueden pasar al proceso de **formación del hilo**.

4.3 Fabricación del hilo

El proceso de producción de hilo a partir de fibras textiles, tanto naturales, como hechas por el hombre sigue las siguientes fases:

1. En primer lugar, se realizan los pretratamientos necesarios por tipo de fibra para prepararlas para continuar con la fabricación del hilo.
2. A continuación, se descargan las fibras en la hilera y se limpian.
3. Posteriormente, se realizan distintos procesos de desempacado en los que se separan las fibras por componentes y se eliminan las impurezas.
4. Se sigue con el **proceso de cardado**, en el que se alinean y peinan las fibras textiles animales.
5. Una vez preparadas, se puede continuar con el proceso de peinado para orientar a las fibras en la dirección en la que se formará el hilo.
6. Una vez orientadas, en el proceso de trenzado se ordenan las fibras de forma paralela para aumentar su tenacidad y suavidad superficial (Materiales ecológicos).
7. Por último, se procede con el proceso de hilatura.

4.4 Fabricación del tejido

Las actividades que pertenecen a esta segunda fase se dividen en dos, una vez obtenido el hilo, se prepara el tejido en crudo, es decir, sin teñir, y sin acabados adicionales. Finalmente, se fabricará el tejido final.

La preparación del tejido en crudo tiene bastantes semejanzas para todos los tipos de fibras que pueden llegar a formar parte del hilo. Este se resume en utilizar máquinas tejedoras especializadas según el tipo de tejido que se quiera obtener, como el tejido plano, o de punto. No obstante, principalmente en tejidos naturales de origen vegetal, este proceso se puede realizar a mano, aunque resulta más laborioso, y no es recomendable para producciones muy grandes, aunque sea lo más sostenible en el plano medioambiental.

4.5 Teñido y finalización del tejido

La actividad principal de paso de tejido en crudo al tejido final es el teñido, este proceso requiere grandes cantidades de agua y de químicos (Xicota, 2015). Éste, es bastante similar para los tejidos hechos con fibras naturales, tanto de origen natural y vegetal, como para los realizados a partir de fibras mayoritariamente artificiales celulósicas. Consiste en primer lugar, en realizar un pretratamiento sobre el tejido, para estar seguros de que el colorante se vaya a absorber correctamente, y permanentemente.

Tras la elección del tipo de tinte que se quiere utilizar según el tipo de fibra a teñir, se prepara una solución constituida de tinte, agua y químicos necesarios en cada caso, y se tiñe a una temperatura elevada, para así facilitar la coloración (Xicota, 2015). Posteriormente, se utilizan diversos productos químicos para conseguir fijar el tinte y, por último, se termina mediante el lavado, acabado y planchado del tejido. Asimismo, es importante tener en cuenta que las fibras celulósicas son más sensibles, y puede que no se posible utilizar algunos tintes, colorantes o químicos. Cabe destacar, que los tejidos fabricados a partir de fibras naturales requieren una mayor cantidad de agua.

En los tejidos en crudo hechos a partir de fibras sintéticas el proceso de teñido se realiza mediante una técnica de dispersión, que es un proceso realizado a una temperatura y presión elevadas, en el que se aplica una solución de colorante y agua principalmente (Intextil, 2023)

4.6 Fabricación de la prenda y acabados

Durante el proceso de manufactura de la prenda a partir de la tela fabricada en las fases anteriores, se libera una cantidad significativamente menor de CO₂eq que en las dos fases previas. No obstante, esto puede variar por distintos factores, como el tipo de tejido que se utiliza, o los procesos/métodos de fabricación utilizados.

En esta fase, se realizan distintas actividades, entre las que destacan el diseño y patronaje, corte del tejido, el ensamblaje, la costura, los acabados, la confección final y la introducción de adornos en la prenda. Cada una de estas etapas puede contribuir a la cantidad de emisiones liberadas por el uso de maquinaria, el transporte de materiales necesarios, o el uso de productos químicos entre otros. En el proceso de corte del patrón, se desperdicia entre el 10 y el 20% de la tela final (Climate Science, 2022). De igual manera, es necesario tener en cuenta que existe un control de calidad una vez confeccionada la prenda para asegurarse de que ésta no presenta ningún tipo de defecto, o también, se pueden realizar muestras que nunca serán comercializadas.

4.7 Transporte

El transporte de la prenda final puede llegar a emitir una cantidad significativa de emisiones, normalmente, se sitúa entre un 1% y un 8% del total de las emisiones (Global Climate Action, 2020), por ello es un factor que hay que tener muy en cuenta a la hora de realizar una compra. Las emisiones derivadas del transporte dependen principalmente del tipo de transporte a utilizar, la distancia recorrida y la eficiencia energética del método de transporte. Asimismo, algunas actividades realizadas para preparar las prendas para su posterior transporte, como el embalaje o el *packaging*, o forma de presentar el producto final, también pueden influir en la cantidad total de emisiones liberadas.

El método de transporte que se utiliza depende de diversas variables, como la localización geográfica, la infraestructura disponible, tiempo de envío, legislaciones o preferencias de la empresa. En muchos casos se utilizará más de un medio de transporte, y la mercancía pasará por distintos almacenes a lo largo de la cadena de valor.

A continuación, se presentarán algunas de las formas de transporte más utilizadas para envíos de prendas de ropa. En primer lugar, se encuentra el transporte por carretera, se suele utilizar principalmente para el transporte nacional, o incluso regional. Se emplean

camiones o furgonetas de empresas específicas en paquetería para la entrega de dichas prendas a los destinos locales. Este medio emite entre 60 y 150 g de CO₂eq por kilómetro recorrido (Ministerio de Transportes, movilidad y agenda urbana, 2020).

Para envíos internacionales de larga distancia, se suele utilizar el transporte marítimo, por su bajo coste y gran capacidad de almacenaje. Es especialmente utilizado para envíos a granel, y su desventaja es que puede tardar bastante tiempo en realizar su recorrido. Esta forma de transporte es utilizada para envíos desde China. Emite alrededor de dos gramos de CO₂eq por kilómetro recorrido y por tonelada (Redacción Opportimes, 2021). Los portacontenedores más grandes tienen un capacidad de 28 toneladas, por lo que las emisiones por kilómetro son de alrededor de 84 gCO₂eq.

No obstante, si lo que se requiere es un envío internacional rápido, se recurrirá al transporte aéreo. Este tipo de traslado se usa fundamentalmente cuando el cliente requiere una recepción casi inmediata de su producto y el precio del producto posibilita asumir un mayor coste de transporte. Por este tipo de exigencias, empresas como Amazon tuvieron la necesidad de adquirir 11 aviones propios en 2021 (Baker & Kay, 2021). Actualmente, la empresa consta con un total de 85 aviones para conseguir los envíos más rápidos posibles (Airfleets, 2023). Las emisiones de dióxido de carbono liberadas por los aviones son aproximadamente de 285g de CO₂ por Km y por pasajero de unos 65kg de media (Ecoembes, 2021).

Por último, otra forma de transporte utilizada para el transporte de prendas de ropa es el ferrocarril. Únicamente se puede utilizar este medio si se posee una infraestructura adecuada. En el caso de España, solo el 5% de las mercancías se realizan de esta forma (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana). Asimismo, el tren es medio que menos contamina por kilómetro recorrido, un total de 14 gramos de dióxido de carbono por kilómetro (Ecoembes, 2021).

Debido al auge del comercio *online*, el transporte se ha visto incrementado de manera notable. En el año 2021 el comercio *online* ya suponía el 21% de las compras en prendas de ropa en España (El Econimosta, 2022) y esto va asociado a una mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero entre los que destaca el CO₂. Si las fábricas de las empresas fabricantes de ropa están en la misma nación que el cliente final, el incremento no será tan significativo al hecho de desplazarse a una tienda a adquirir el

producto. No obstante, actualmente, debido a la globalización, se pueden comprar productos de empresas que tienen fábricas en lugares lejanos, e incluso, si se llega a cierto volumen de compra el envío puede llegar a resultar gratis. Es decir, existe una gran facilidad para adquirir productos que deberán recorrer numerosos kilómetros por distintos medios de transporte hasta llegar al cliente final, sin coste extra monetario, pero que si tiene un impacto sobre el medio ambiente. Por este motivo, los activistas climáticos abogan por un consumo responsable de la moda y buscar la sostenibilidad adquiriendo productos que hayan sido producidos en la nación de residencia, para así, rebajar las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del transporte.

Capítulo 5: Modelo de Cálculo

5.1 Enfoque

El modelo de cálculo se ha dividido dependiendo de la materia prima principal de la que está constituida la prenda, ya que, sobre todo, en las fases iniciales, los procesos extracción de las materias primas y de tratamiento y preparación de las fibras textiles varían notablemente, como ya se ha visto anteriormente, según el origen de estas, natural o hechas por el hombre.

El modelo se ha enfocado principalmente en las fibras de algodón, y las sintéticas, entre las que destaca el poliéster ya que el 75% de los textiles se componen solo de poliéster y algodón, y el 90% de las prendas vendidas en Estados Unidos están compuestas por estos dos materiales (Bick, Halsey, & C. Ekenga, 2018). De las fibras naturales, las de algodón son las más utilizadas en la industria, y las sintéticas, que, aparte de ser las fibras textiles con mayor presencia en las prendas de ropa, pueden generar impactos bastante negativos en el medio ambiente, tanto por la extracción de las materias primas utilizadas para su producción de fuentes de energía no renovables, como por la consumición de recursos y liberación de residuos, y sustancias como micro plásticos.

La cadena de valor de cada uno de los tipos de fibra que se ha seguido a la hora de estructurar el modelo de cálculo es la siguiente:



Figura 3: cadena de valor en la industria textil según sean fibras de algodón o sintéticas

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, la estructura de ambas cadenas es la misma. No obstante, los dos primeros pasos difieren notablemente. Al tratarse de tipos distintos de fibras, una de origen natural y otra de origen artificial sintético, ni el proceso de extracción de las materias primas, ni el de preparación de las fibras o el hilo es el mismo.

5.2 Preparación de las fibras textiles

5.2.1 Algodón

Los datos relacionados con el **cultivo y recolección** y producción de fibras de algodón están divididos según el tipo de algodón, diferenciados principalmente entre **orgánico y convencional**. No obstante, con respecto al algodón orgánico, existen varios subtipos, que siguen procesos distintos de cultivo, y por lo tanto están asociados a emisiones diferentes. En el modelo, se han tenido en cuenta dos cultivos distintos, el realizado en oriente y en occidente, en los países dentro de cada una de las zonas, aunque el tipo de algodón reciba un nombre diverso, el procedimiento seguido para su cultivo guarda bastantes similitudes.

Tipo de algodón	KgCO2eq/Kg tela resultante
Fabricación de fibras de algodón en China	3,474
Fabricación de fibras de algodón orgánico en India/Bangladesh	2,212
Fabricación de fibras de algodón orgánico en Estados Unidos	1,386

Figura 4: emisiones de CO2eq por kilogramo de tela resultante en el cultivo y fabricación de fibras de algodón

Fuente: elaboración propia basada en (van der Velden, Patel, & Vogtländer, 2013) y (Senthilkannan Muthu, 2014)

5.2.2 Fibras sintéticas

Al igual que con el algodón, las emisiones de las fibras sintéticas se han dividido a lo largo de la cadena de valor, y en distintas actividades dentro de los eslabones. Las fibras sintéticas que forman parte del modelo son: el poliéster, el poliéster reciclado, el Nylon (6, 66 y mezcla 50/50 de ambos), las poliolefinas (el polietileno, polipropileno) y el PET. Cada una de estas fibras tiene su proceso individual de **extracción de materias primas** y de producción y preparación de las fibras textiles, por lo que las emisiones asociadas a estos de cada una de las fibras son diferentes. Además, las fibras recicladas llevan asociadas un número de emisiones menor al de la fibra virgen correspondiente. En el caso del poliéster reciclado, las emisiones en el proceso de producción son un 37% menores (Kirchain, Olivetti, Miller, & Greene, 2015).

Producción fibras sintéticas	KgCO2/Kg tela resultante*
Poliéster	2,310
Poliéster Reciclado	1,455
Nylon: nylon 6, en planta Europa 50 % + nylon 66, en planta Europa	8,638
Nylon 6	5,500
Nylon 66	6,500
Polietileno alta densidad	1,600
Polietileno baja densidad	1,200
Polipropileno	1,700
PET	2,698

Figura 5: emisiones de CO2eq por kilogramo de tela resultante en la extracción y fabricación de fibras sintéticas

*Suponiendo relación 1/1 entre kilogramo de fibra y kilogramo de tela para el poliéster, poliéster reciclado, Nylon 6, Nylon 66, Polietileno alta densidad, Polietileno baja densidad y Polipropileno

5.3 Fabricación del hilo

5.3.1 Algodón

Después de obtener los datos sobre emisiones de la fase anterior, se procedió con los relacionados con el **pretratamiento del algodón**, que consta de distintas actividades, como la limpieza, el blanqueo, o el secado de las fibras, que las prepara para la elaboración del hilo. Posteriormente, se realizan los procesos de producción del hilo, constituidos por el cardado, para alinear las fibras, el estirado y retorcido en la hilera, y por último el bobinado, para poder continuar con la elaboración del tejido. Se ha supuesto, que el Potencial de Calentamiento Global es el mismo para todos los tipos de algodón

A partir de esta fase, entra para las fibras de algodón una nueva variable, el decitex o dtex, que es una unidad de medida textil de la masa en gramos por cada 10.000 metros de fibra. Dependiendo de la prenda que se quiera fabricar se requerirá un mayor o menor número de dtex. Se ha supuesto que para la fabricación de una camiseta de tejido plano los dtex son 150, es decir, 150g por cada 10km de fibra. Además, dependiendo de los dtex de la fibra, se emitirán más o menos cantidades de CO₂eq para la fabricación del tejido (cuanto mayor sea el número de dtex, más cantidad de fibra se procesará al mismo tiempo, y menores serán las emisiones por kilogramo de tejido resultante).

5.3.2 Fibras sintéticas

El resto de procedimientos que requieren las fibras sintéticas antes de convertirse en hilo, aunque son paralelos a los procesos del algodón, se realizan actividades distintas, ya que se trata con otro tipo de material. Entre ellos, se han incluido individualmente en el modelo: el **texturizado de las fibras poliméricas**, que se realiza después de la **polimerización**, debido a la viscosidad de las fibras resultantes; y el proceso de **hilado** de filamentos de polímero extruido.

Para las fibras sintéticas también se utiliza la medida en dtex. No obstante, esta no es necesaria para el procedimiento de hilatura, y se hace latente a partir del uso del **hilo** para la fabricación del tejido en crudo.

5.3.4 Tabla: de fabricación de hilo

De fibra a hilo	KgCO₂eq/Kg de tejido resultante
Pretratamiento del algodón	1,261
Hilatura de algodón 45 dtex	11,322
Hilatura de algodón 70 dtex	7,281
Hilatura de algodón 150 dtex	3,396
Hilatura de algodón 300 dtex	1,700
Hilado de filamentos de polímero extruido	0,896
Texturizado de fibras poliméricas	0,505

Figura 6: emisiones de CO₂eq por kilogramo de tela resultante en el proceso de materia prima a hilo

Fuente: elaboración propia basada en (van der Velden, Patel, & Vogtländer, 2013)

5.4 Fabricación del tejido

Tanto para hilos constituidos mayoritariamente de fibras de algodón, como para aquellos formados principalmente de fibras sintéticas, existen dos tipos de tejidos que se pueden obtener, el tejido plano, en el que se entrelazan los hilos perpendicularmente, y el tejido de punto, en el que se forman bucles con los hilos para crear la tela. Este último requiere un menor uso de máquinas y de químicos, por lo que está asociado a una mayor sostenibilidad, es decir, menor cantidad de energía requerida y menor número de emisiones de gases de efecto invernadero equivalentes. 1kg de tejido de punto de 300dtex requiere 0,14 kWh, mientras que, de un tejido plano, la cantidad de energía requerida por 1kg es de 4,93 kWh.

Se ha supuesto que las emisiones liberadas en estos procesos son las mismas para los tejidos del mismo tipo, con igual número de dtex, ya que la maquinaria utilizada es similar, por lo que las emisiones deberían ser análogas.

De hilo a tejido en crudo	KgCO ₂ eq/Kg de tela resultante
Tejido de punto 83 dtex	0,257
Tejido de punto 200 dtex	0,106
Tejido de punto 300 dtex	0,071
Tejido plano de 45 dtex	16,595
Tejido plano de 70 dtex	10,667
Tejido plano de 150 dtex	4,98
Tejido plano de 300 dtex	2,488

Figura 7: emisiones de CO₂eq por kilogramo de tela resultante en el proceso de hilo a tejido en crudo

Fuente: elaboración propia basada en (van der Velden, Patel, & Vogtländer, 2013)

5.5 Teñido y finalización

La siguiente etapa para llegar al tejido final es la de **teñido y acabados**. Con la información obtenida de diversas fuentes se ha recopilado una horquilla de valores de CO₂eq de esta operación. Se ha supuesto que la contribución de esta etapa en el total es el valor medio de emisiones por kilogramo de tela procesada, a no ser que se especifique la facilidad o dificultad de la tela para absorber el tinte, u otro tipo de información que indique si el proceso es más o menos extenuante en términos de energía requerida o emisiones.

Teñido	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio
Fibras de algodón	1,39	6,08	3,735
Fibras sintéticas	2,31	4,14	3,225

Figura 8: emisiones de CO₂eq por kilogramo de tela resultante en el proceso de teñido

Fuente: elaboración propia basada en (van der Velden, Patel, & Vogtländer, 2013)

Sin embargo, a diferencia de los tejidos mayoritariamente constituidos por fibras naturales, el teñido se realiza por un procedimiento distinto para los formados por fibras sintéticas, denominado teñido por dispersión. Asimismo, posteriormente, es necesaria una **termofijación** para asegurar la estabilidad del tejido y del teñido. Por último, el tejido final se lava para quitar las impurezas y asegurar la fijación del tinte. Las emisiones de

termofijación y lavado viene incluidas en el modelo, y se han considerado que son las mismas para todos los tejidos sintéticos, a no ser que se indique lo contrario.

Proceso	KgCO ₂ eq/Kg de tela resultante
Termofijación y lavado de tejidos sintéticos	0,908

Figura 9: emisiones de CO₂eq por kilogramo de tela resultante en el proceso de termofijación y lavado de tejidos sintéticos

Fuente: elaboración propia basada en (van der Velden, Patel, & Vogtländer, 2013)

5.6 Fabricación de la prenda y acabados

Finalmente, el último proceso de fabricación es el de **corte y confección**. Como existe una gran variedad entre las máquinas que se utilizan, dependiendo de la empresa y el lugar de producción, y estos datos no suelen hacerse públicos, se ha supuesto que las emisiones derivadas de esta fase son un porcentaje sobre el total de emisiones del proceso de fabricación de la prenda. No obstante, a la hora de determinarlo se ha encontrado discrepancias entre las fuentes debido a la complejidad de cálculo de esta fase. Para su introducción en el modelo, a no ser que se especifique lo contrario, se utilizará el promedio, que es alrededor de un 12%.

Fuente	Porcentaje de la fase de fabricación de una prenda sobre el total de emisiones (%)
H&M group	16
Mistra Future Fashion	21
Levis	9
Global Fashion Agenda	4
Quantis	7
Sandin	17

Figura 10: Porcentaje sobre las emisiones totales de CO₂e dependiendo de distintas fuentes

Fuente: elaboración propia basada en (Global Climate Action, 2020), (Sandin, Ross, Spak, Zamani, & Peters, 2019), (Berg, y otros, 2020), (Quantis) y (Kirchain, Olivetti, Miller, & Greene, 2015)

5.7 Transporte

Finalmente, en último lugar se encuentra el **transporte/distribución** del producto final. Se ha tenido en cuenta la posibilidad de la utilización de diversos medios de transporte: tren de mercancías, buques de mercancías, camiones, furgonetas, aviones. Su utilización variará según el país en el que se produzca la prenda, o el tiempo de envío requerido, por ejemplo, en el caso de que la venta haya sido por medio online, y el almacén de la compañía se encuentre en otro país.

Medio de transporte	gCO₂eq/toneladaXKm	gCO₂eq/KgXKm
Tren de mercancías	7,8	0,0078
Buque de mercancías de entre 2.000 y 8.000dwt (toneladas de peso muerto)	21	0,021
Buque de mercancías de más de 8.000dwt	15	0,015
Camión de mercancías	50	0,05
Avión	540	0,54

Figura 11: emisiones de CO₂eq derivadas del transporte

Fuente: elaboración propia basada en (Tillero Pintos, 2018) y (El canal marítimo y logístico, 2021)

Capítulo 6: Modelo de Visualización

Una vez se hayan calculado las emisiones de CO2 equivalentes, se creará un índice visual por colores con los resultados obtenidos, para ser más fácilmente comprendido por el consumidor. Este presenta cinco colores según el grado de sostenibilidad de la prenda, basada en el número de emisiones obtenidas según la prenda a estudiar. La puntuación total de una marca según las emisiones, sería la media de la puntuación de todas las prendas que comercializa.

Los colores van de **rojo**, que indica la falta de sostenibilidad a lo largo de la cadena de valor hasta el consumidor, a **verde**, que indica que de media todos los procesos y eslabones se han realizado con la mayor sostenibilidad posible. Para la decisión sobre el color a utilizar según el número obtenido, se calculará para la prenda bajo estudio el valor mínimo posible de emisiones, y el máximo, y según donde se encuentre la prenda concreta, en términos de cantidad de CO2eq calculada se colocará en un lugar u otro, al que le corresponderá un color.



Figura 12: clasificación de la sostenibilidad a lo largo de la cadena productiva

Fuente: elaboración propia

Asimismo, también se pondrá a disposición del consumidor un **desglose de las emisiones** según la actividad dentro de la cadena de valor de producción de la prenda o que planta comprar o que ya ha adquirido. La estructura de este esquema desglosado será como la siguiente.

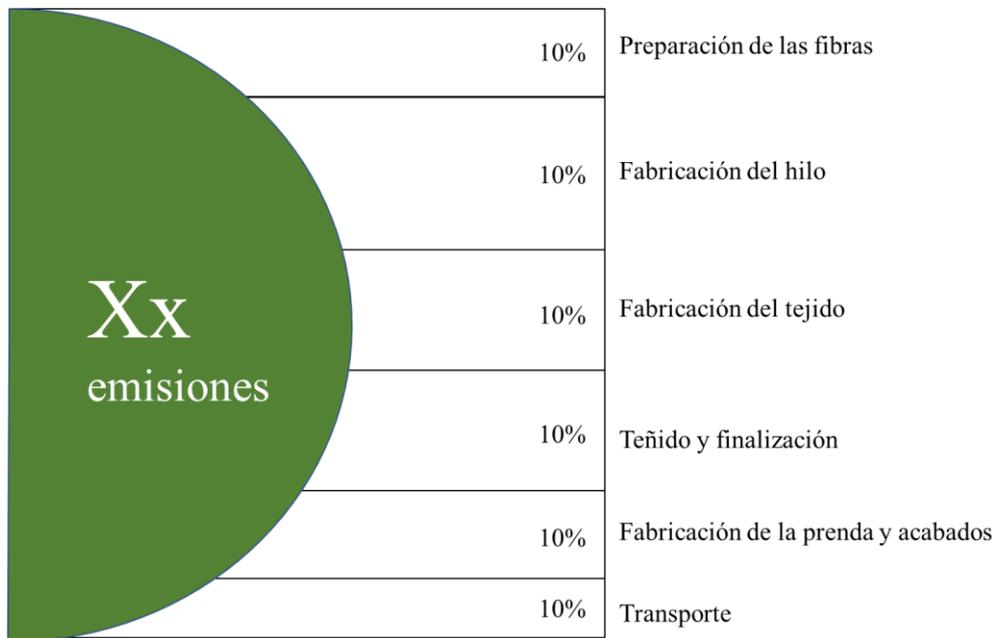


Figura 13: emisiones desglosadas

Fuente: elaboración propia

En esta figura se muestra, dentro del total de emisiones, cuánto ha contribuido cada una de las fases, tanto de fabricación de la prenda, como el transporte de la indumentaria final hasta el cliente, que puede ser del almacén a la tienda o al cliente final por venta online. Si se tiene esta información de cada uno de los productos textiles que oferta una empresa, o de todas aquellas prendas que se pretende adquirir, se puede observar tanto como varían las emisiones dependiendo de la composición, como de la distancia del almacén, o del tipo de prenda que se quiere comprar. Las emisiones asociadas a la fabricación no van a ser las mismas al realizar una camiseta básica, que un pantalón vaquero.

Además, con este conocimiento, el cliente puede comparar y contrastar lo que ofertan las distintas marcas, y en lugar de fijarse exclusivamente en el precio, se enfoca también en el coste real de la producción y distribución de dichas prendas sobre el planeta. Este total del Potencial de Calentamiento Climático de la prenda se podría considerar como el ticket de compra sobre el medio ambiente, es decir, que es lo que estás verdaderamente pagando.

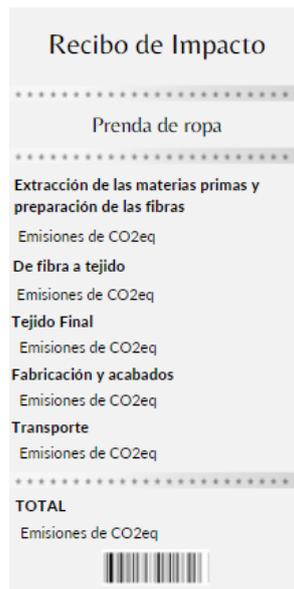


Figura 14: recibo de emisiones

Fuente: elaboración propia

6.1 Transparencia

Como se ha explicado previamente, la transparencia está relacionada con la información que dan las marcas sobre su impacto medioambiental y social. Está enfocada en el hecho de proporcionar la información, no en la medición del impacto. En otras palabras, a la hora de identificar si una empresa del sector moda es transparente o no, no se estudia si las prácticas que llevan a cabo tienen un impacto positivo o negativo, simplemente, se analiza si comunican datos sobre el mismo. No obstante, generalmente, las marcas que más información ofrecen, suelen publicar sobre el impacto positivo que genera su actividad, ya que no buscan en ningún caso, que la información pueda perjudicarlas.

Para medir la transparencia, hay que enfocarse en cinco categorías según la entidad que realiza el *Fashion Transparency Index* (Fashion Revolution, 2022). Estas son:

1. Políticas empresariales y compromisos sociales: enfocado en aquellas normativas o estrategias en el plano medioambiental y social a lo largo de la cadena de valor. Mide los objetivos propuestos y hasta qué punto se han alcanzado.
2. Gobernanza: mide los compromisos de responsabilidad social de las altas esferas directivas.

3. Trazabilidad: facilidad de conocer el lugar de procedencia y de producción de cada elemento que compone la prenda.
4. Respeto sobre los derechos humanos y sobre el medioambiente en la información publicada por la marca.
5. Temas de actualidad, y problemas que sufre la industria de la moda en el momento y cómo pretenden afrontarlos.

Se explica esta metodología, porque se cree necesario mostrar el índice de transparencia a los consumidores, para de esta forma, si quieren conocer rasgos de la cultura empresarial, o datos sobre los objetivos medioambientales y sociales, sepan con que facilidad lo van a encontrar.

Este índice, está calculado por *Fashion Transparency Index* en 2022, en forma de porcentaje. Si la empresa bajo estudio estuviese entre las 250 presentes en el índice, se utilizaría este dato para concienciar al consumidor. Si no lo estuviese, se haría una estimación con las directrices manifestadas por la empresa creadora del índice.

Además, se hará un esfuerzo especial en estudiar la trazabilidad de cada uno de los componentes del producto final. Esto se realiza debido a que, para llevar a cabo los cálculos de emisiones con la mayor precisión posible, es necesario estudiar la cadena de valor y relacionar cada eslabón con un lugar de desarrollo de actividad y unos materiales y procesos específicos.

Se propone utilizar el mismo código de colores empleado para la visualización de las emisiones, de manera que posibilite visualmente entender la transparencia asociada al fabricante de la prenda.

Asimismo, para una visión más global por parte del consumidor, se ha creado una figura, que incluya tanto el índice de sostenibilidad visual y el desglose, como el índice de transparencia, y el porcentaje de transparencia de la marca de la prenda bajo estudio.

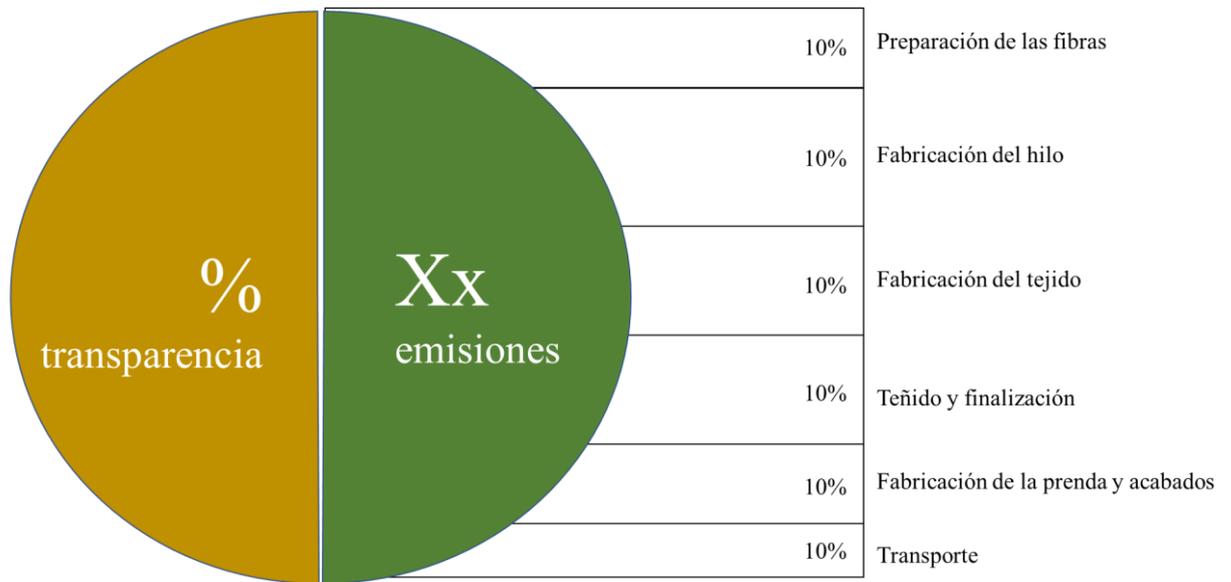


Figura 15: Impacto y transparencia

Fuente: elaboración propia

Capítulo 7: Resultados

7.1 Escenarios de aplicación

Para un ejemplo de aplicación del modelo general, se van a calcular los kilogramos de CO₂eq a lo largo de la cadena de valor de una camiseta básica, en cuatro escenarios distintos.

Cada uno de los escenarios es modificado según alguna de las cinco variables que afectan al modelo.

1. La principal variable que separa cada uno de los cuatro escenarios es la composición de la prenda. En esta muestra se van a utilizar dos composiciones distintas, algodón 100% y poliéster 100%.
2. Una vez se tenga la composición, se aplica la segunda variable, que es la obtención de la materia prima según su sostenibilidad. En el caso del algodón, se tendría la producción de algodón convencional y la producción de algodón orgánico. Por el contrario, con el poliéster, esta distinción se haría bajo la suposición de que se utilizan fibras vírgenes o recicladas.
3. La tercera variable es el lugar de extracción de la materia prima, que afecta principalmente a las fibras naturales. En este ejemplo sería al algodón, por los tipos existentes de algodón orgánico.
4. La cuarta variable es el tipo de tejido confeccionado, plano o de punto.
Para que se pueda observar con detalle la diferencia entre ambos tejidos, en cada escenario se incluirán los cálculos de impacto en kilogramos de CO₂eq de ambos.
5. Por último, se encuentra la variable de lugar de fabricación de la prenda. Este parámetro se relaciona directamente con el método de transporte necesario para su distribución hasta el cliente final.

Una vez calculado el impacto para cada uno de los cuatro casos, se aplicará el modelo de visualización. Para la implementación de la transparencia, se han buscado camisetas comercializadas por empresas que cumplan aproximadamente cada escenario. Cada una de las empresas se designará con una letra A, B, C y D.

7.2 Aplicación del modelo de cálculo

7.2.1 Algodón convencional

Para el cálculo de emisiones a lo largo de la cadena de valor de una camiseta de algodón convencional, se han realizado una serie de suposiciones. En primer lugar, los procesos de extracción de materias y fabricación de la camiseta están realizados en China, ya que es uno de los productores más grandes de este tipo de tejidos. A continuación, el transporte hasta España se hará en primer lugar por medio marítimo desde el puerto de Shanghái, hasta el de Barcelona, debido a que los envíos desde Asia, llegan mayoritariamente al puerto de Barcelona, al de Algeciras o al de Valencia. Para llegar al destino final en Madrid centro, el recorrido se hará por medio terrestre en un camión de mercancías.

Siguiendo la metodología de cálculo explicada anteriormente el desglose de emisiones es el siguiente:

- Para la producción de una camiseta de algodón convencional de tejido plano

Procesos	KgCO₂eq/camiseta
Preparación de las fibras	0,869
Fabricación del hilo	1,164
Fabricación del tejido	1,245
Teñido y finalización	0,934
Fabricación de la prenda y acabados	0,574
Transporte	0,060
Total de emisiones	4,846

Figura 16: emisiones desglosadas en producción de una camiseta de algodón convencional de tejido plano

Fuente: elaboración propia

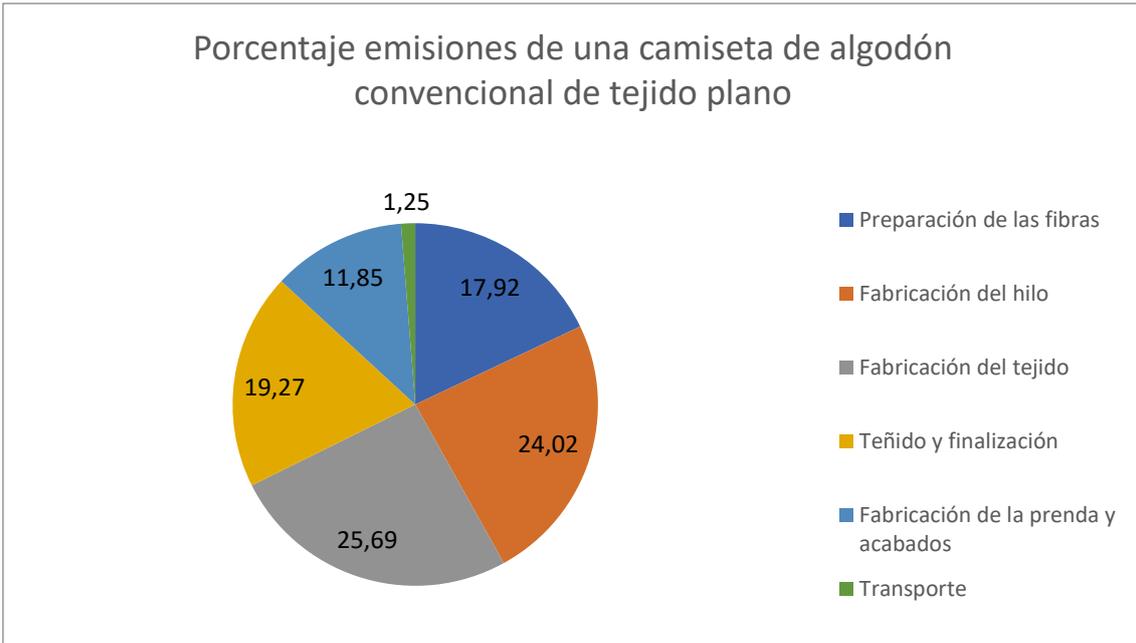


Figura 17: emisiones desglosadas por porcentaje en la producción de una camiseta de algodón convencional de tejido plano

Fuente: elaboración propia

- Para la producción de una camiseta de algodón convencional de tejido de punto

Procesos	KgCO ₂ eq/camiseta
Preparación de las fibras	0,869
Fabricación del hilo	1,164
Fabricación del tejido	0,027
Teñido y finalización	0,934
Fabricación de la prenda y acabados	0,408
Transporte	0,060
Total de emisiones	3,462

Figura 18: emisiones desglosadas en producción de una camiseta de algodón convencional de tejido de punto

Fuente: elaboración propia

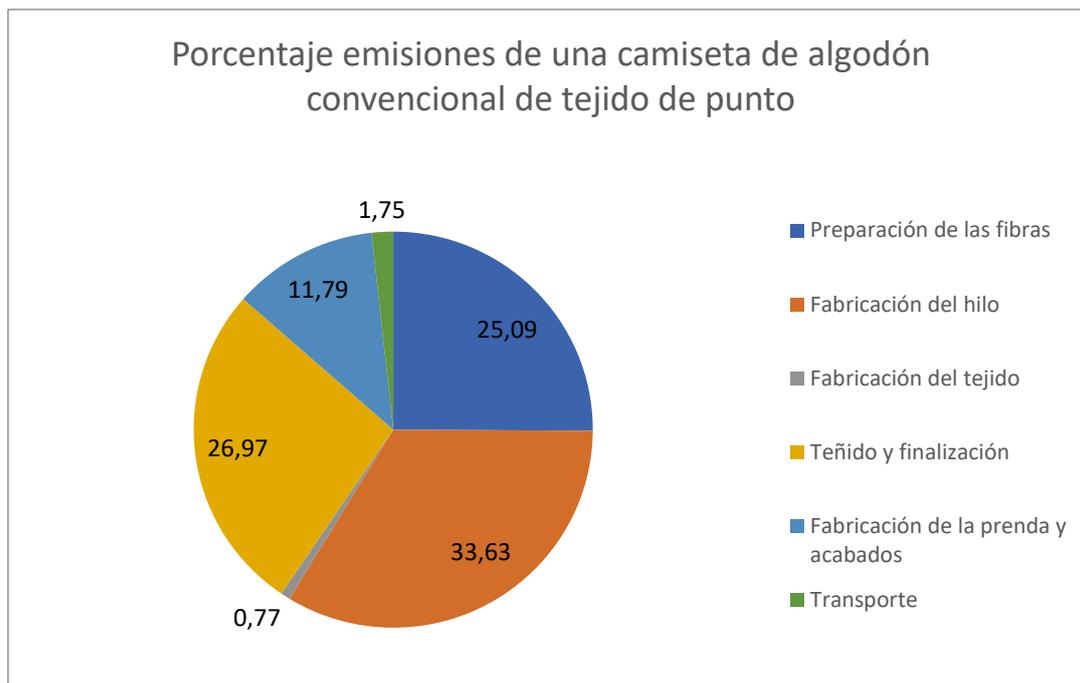


Figura 19: emisiones desglosadas por porcentaje en la producción de una camiseta de algodón convencional de tejido de punto

Fuente: elaboración propia

7.2.2 Algodón orgánico cultivado en España

La siguiente composición bajo estudio es la de algodón orgánico 100% con cultivo y fabricación en España. Con este caso se quiere observar cuánto se reduce el potencial de calentamiento climático, si se usa algodón orgánico español, del valle de Guadalquivir en Sevilla, y la producción es nacional, es decir, no se requiere transporte de muy larga distancia. Se supone, además, que los procesos de teñido son más sencillos, por lo que las emisiones liberadas serán menores.

Al igual que en el caso anterior, se observarán las emisiones para cada una de las fases, teniendo en cuenta los dos tipos de tejido que se pueden obtener: plano y de punto.

- Para la producción de una camiseta de algodón orgánico de tejido plano

Procesos	KgCO ₂ eq/camiseta
Preparación de las fibras	0,347
Fabricación del hilo	1,164
Fabricación del tejido	1,245
Teñido y finalización	0,027
Fabricación de la prenda y acabados	0,423

Transporte	0,007
Total de emisiones	3,205

Figura 20: emisiones desglosadas en producción de una camiseta de algodón orgánico de tejido plano

Fuente: elaboración propia

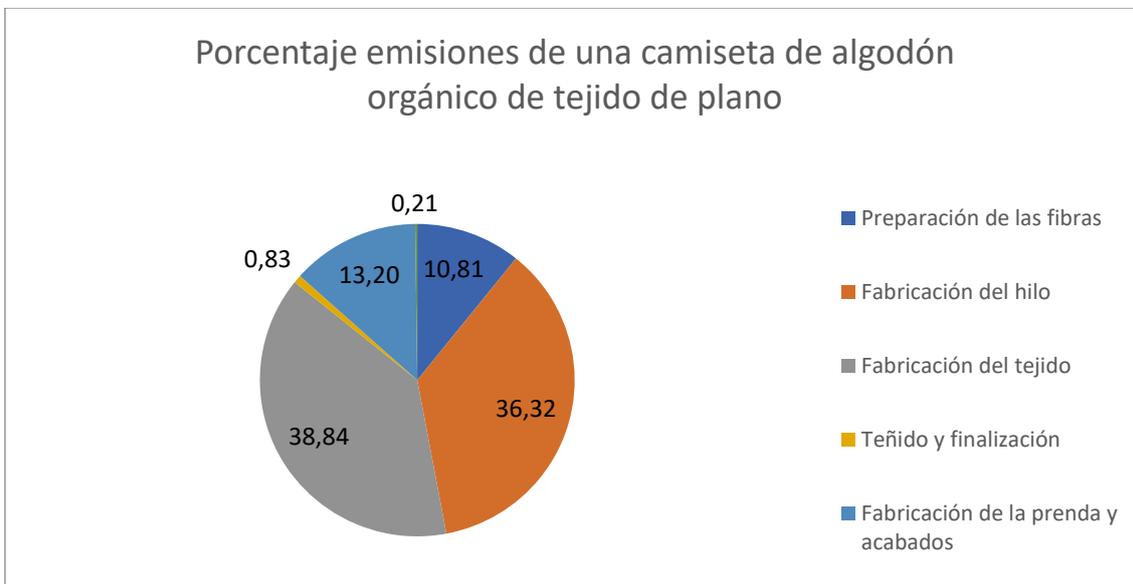


Figura 21: emisiones desglosadas por porcentaje en la producción de una camiseta de algodón orgánico de tejido plano

Fuente: elaboración propia

- Para la producción de una camiseta de algodón orgánico de tejido de punto

Procesos	KgCO ₂ eq/camiseta
Preparación de las fibras	0,347
Fabricación del hilo	1,164
Fabricación del tejido	0,027
Teñido y finalización	0,348
Fabricación de la prenda y acabados	0,257
Transporte	0,007
Total de emisiones	2,142

Figura 22: emisiones desglosadas en producción de una camiseta de algodón orgánico de tejido plano

Fuente: elaboración propia

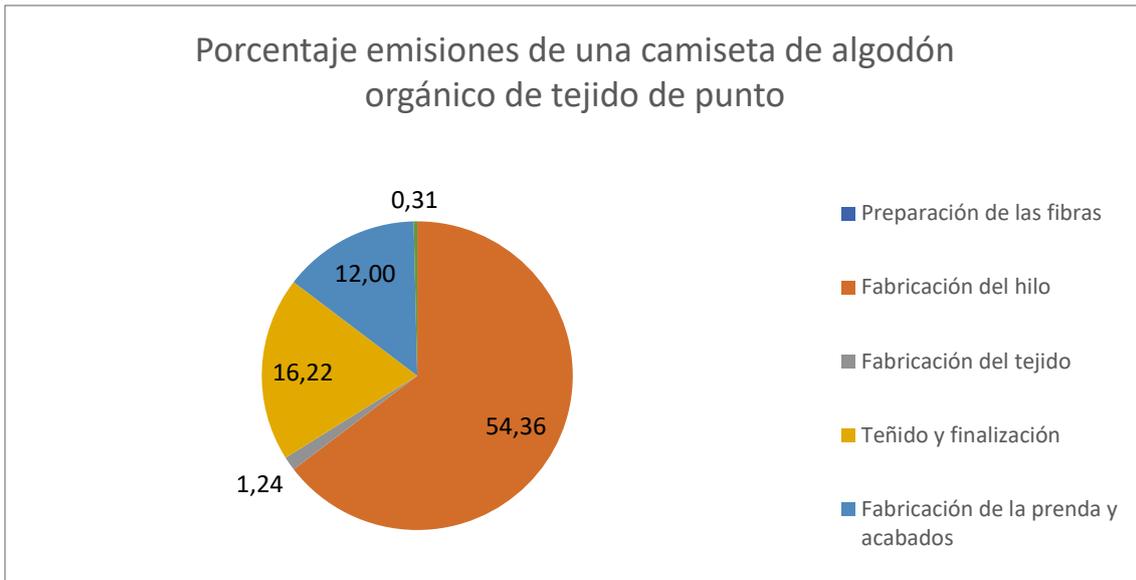


Figura 23: emisiones desglosadas por porcentaje en la producción de una camiseta de algodón orgánico de tejido de punto

Fuente: elaboración propia

7.2.3 Poliéster Virgen

El poliéster virgen se produce directamente a partir de materias primas de origen petroquímico. Este tipo de fibra se utiliza muy frecuentemente para la fabricación de ropa deportiva, debido a sus propiedades de resistencia.

A la hora de calcular las emisiones en la cadena de producción del poliéster, se han realizado una serie de suposiciones. La primera es que el lugar de producción de las fibras ha sido China, y posteriormente, la manufacturación de la prenda se ha realizado en Indonesia. El transporte, al igual que en el caso de la camiseta de algodón convencional, se realiza en barco de mercancías, y en camión. En este caso el buque irá desde Yakarta, a Barcelona.

El desglose de las emisiones por fase de la cadena de valor es el siguiente:

- Para la producción de una camiseta de poliéster virgen de tejido plano

Procesos	KgCO ₂ eq/camiseta
Preparación de las fibras	0,578
Fabricación del hilo	0,350
Fabricación del tejido	1,245
Teñido y finalización	1,595

Fabricación de la prenda y acabados	0,514
Transporte	0,066
Total de emisiones	4,346

Figura 24: emisiones desglosadas en producción de una camiseta de poliéster virgen de tejido plano

Fuente: elaboración propia

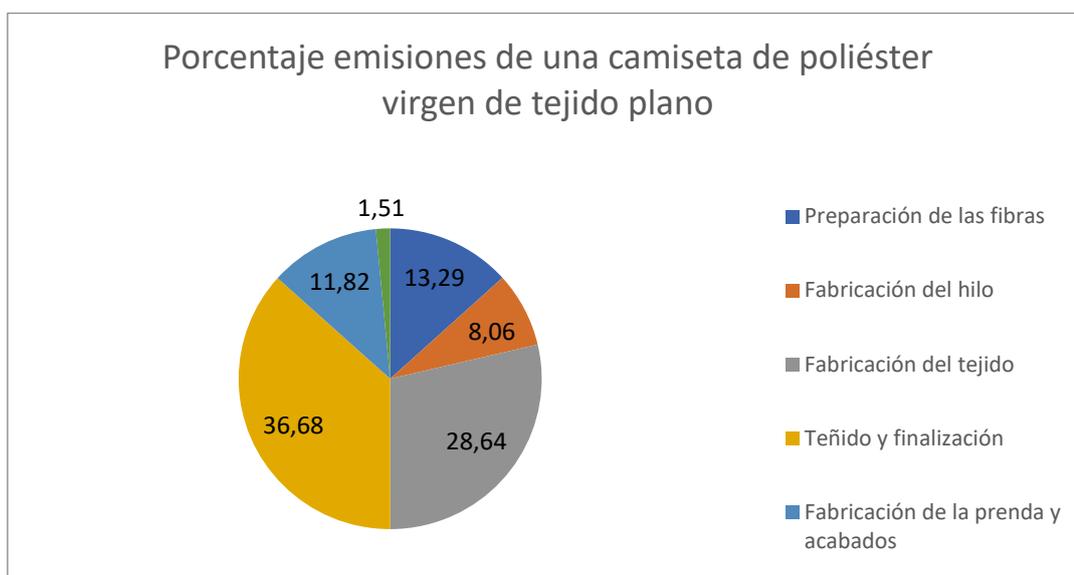


Figura 25: emisiones desglosadas por porcentaje en la producción de una camiseta de poliéster virgen de tejido plano

Fuente: elaboración propia

- Para la producción de una camiseta de poliéster virgen de tejido de punto

Procesos	KgCO2eq/camiseta
Preparación de las fibras	0,578
Fabricación del hilo	0,350
Fabricación del tejido	0,027
Teñido y finalización	1,595
Fabricación de la prenda y acabados	0,348
Transporte	0,066
Total de emisiones	2,962

Figura 26: emisiones desglosadas en producción de una camiseta de poliéster virgen de tejido de punto

Fuente: elaboración propia

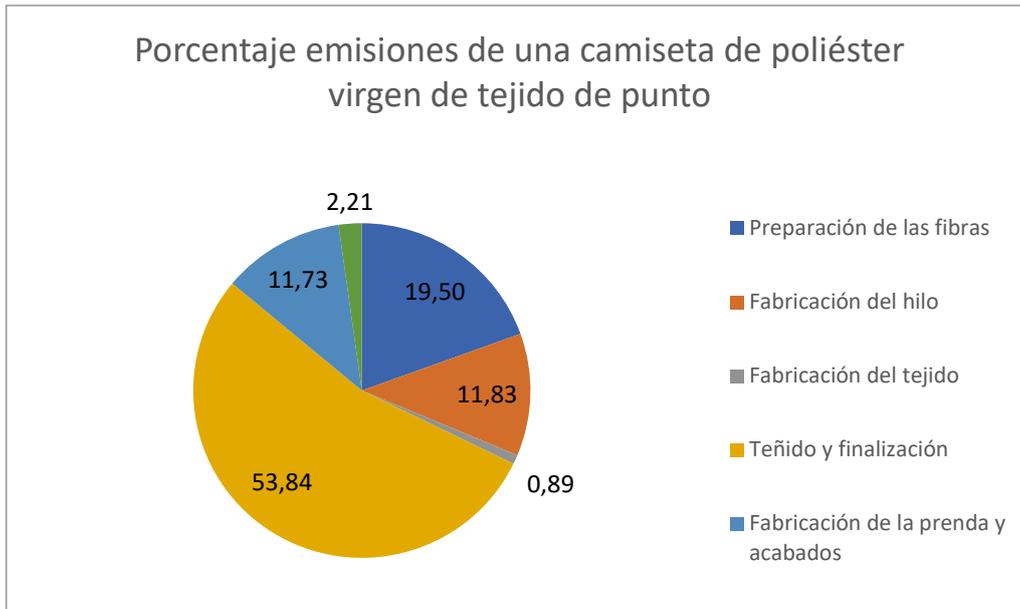


Figura 27: emisiones desglosadas por porcentaje en la producción de una camiseta de poliéster virgen de tejido de punto

Fuente: elaboración propia

7.2.4 Poliéster reciclado

El poliéster reciclado se obtiene a partir de poliéster ya existente, por lo que no requiere extracción de materias primas.

En este caso, se ha supuesto que la producción de las camiseta de poliéster reciclado se ha realizado en Dortmund, Alemania. El transporte hasta Madrid se hará por medio terrestre, de un camión de mercancías.

El desglose de las emisiones por fase de la cadena de valor es el siguiente:

- Para la producción de una camiseta de poliéster reciclado de tejido plano

Procesos	KgCO ₂ eq/camiseta
Preparación de las fibras	0,347
Fabricación del hilo	0,350
Fabricación del tejido	1,245
Teñido y finalización	1,366
Fabricación de la prenda y acabados	0,451
Transporte	0,023
Total de emisiones	3,781

Figura 28: emisiones desglosadas en producción de una camiseta de poliéster reciclado de tejido plano

Fuente: elaboración propia

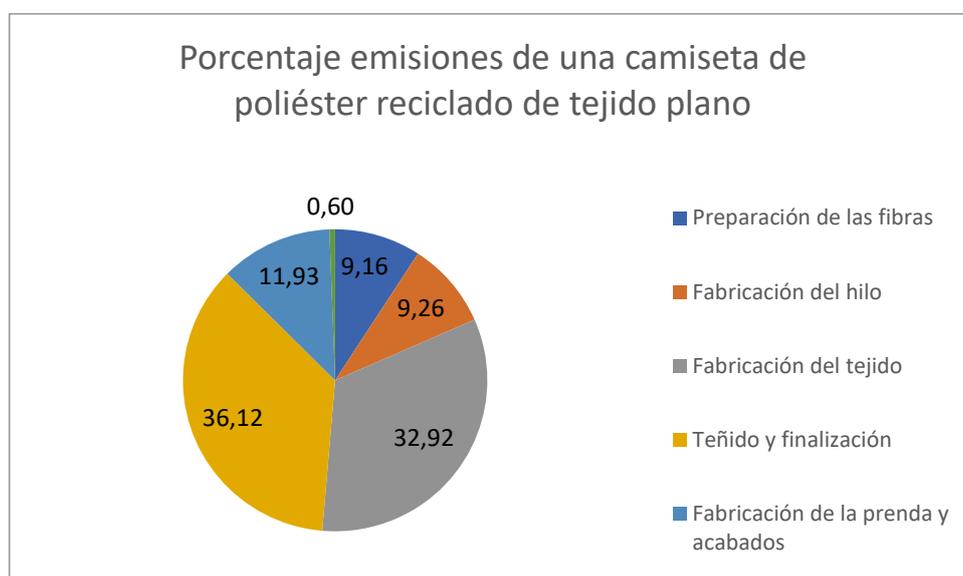


Figura 29: emisiones desglosadas por porcentaje en la producción de una camiseta de poliéster reciclado de tejido de plano

Fuente: elaboración propia

- Para la producción de una camiseta de poliéster reciclado de tejido de punto

Procesos	KgCO ₂ eq/camiseta
Preparación de las fibras	0,347
Fabricación del hilo	0,350
Fabricación del tejido	0,027
Teñido y finalización	1,366
Fabricación de la prenda y acabados	0,285
Transporte	0,023
Total de emisiones	2,397

Figura 30: emisiones desglosadas en producción de una camiseta de poliéster virgen de tejido de punto

Fuente: elaboración propia

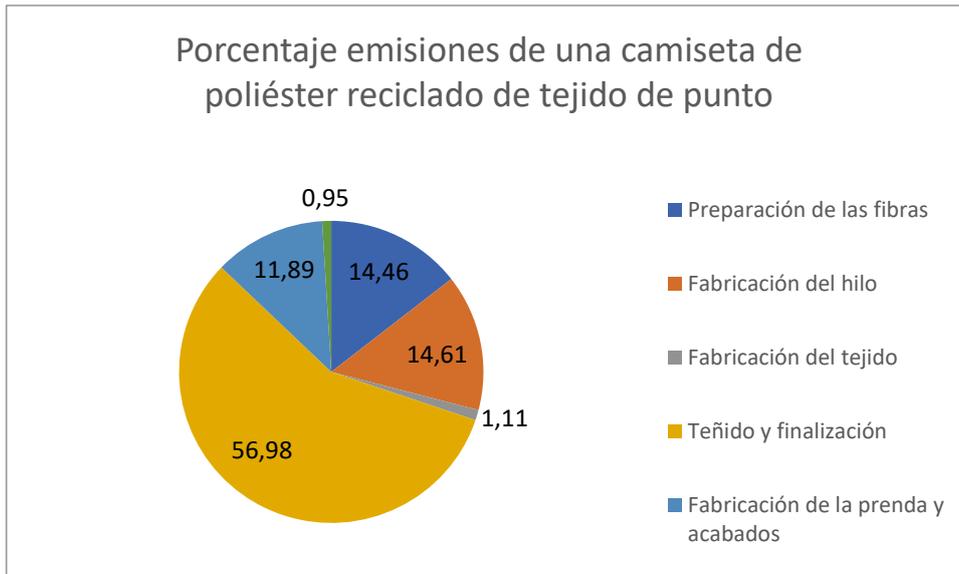


Figura 31: emisiones desglosadas por porcentaje en la producción de una camiseta de poliéster reciclado de tejido de punto

Fuente: elaboración propia

7.3 Análisis de resultados de cálculo

Si analizamos en detalle las emisiones, podemos ver que la misma prenda puede llegar a duplicar sus emisiones en función de su composición, origen de la fibra, tipo de tejido, y lugar de fabricación,

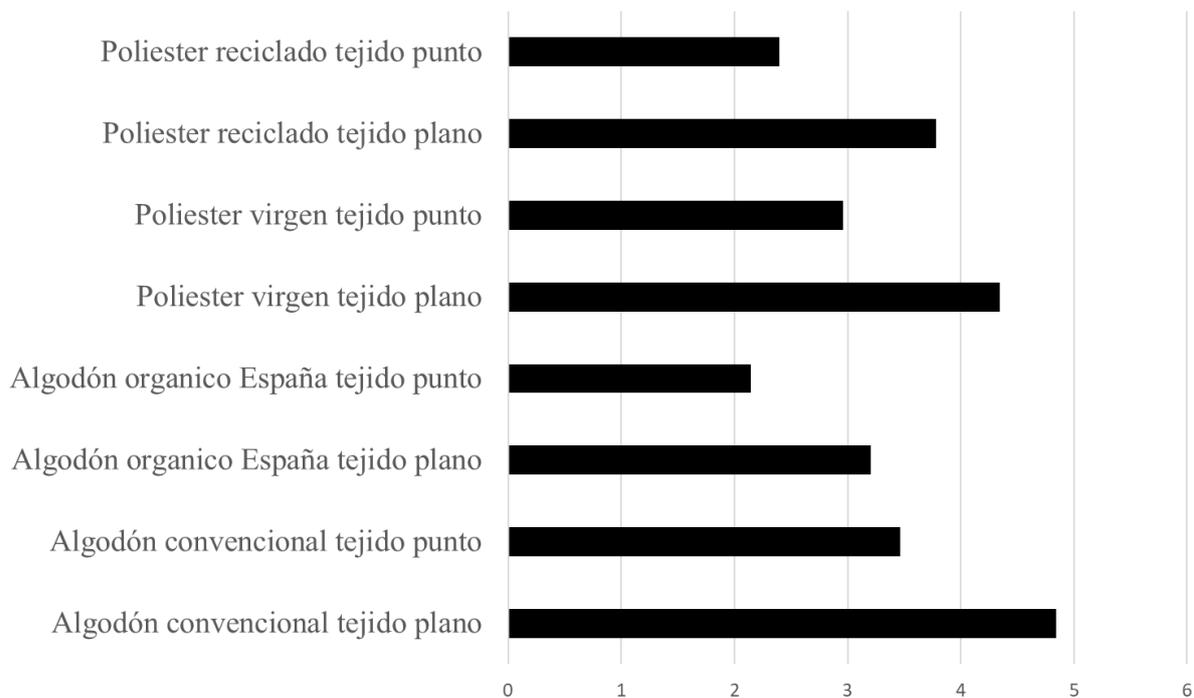


Figura 32: comparativa de emisiones

Fuente: elaboración propia

El uso de materiales orgánicos o reciclados tienen un efecto notable en la disminución de las emisiones, tanto en algodón como el poliéster. Por otro lado, los tejidos de punto tienen un menor impacto en emisiones de CO₂ que los tejidos de punto. Finalmente, aunque la diferencia de emisiones del transporte es muy notable si la fabricación se hace en China o es local, el impacto final sobre las emisiones de la camiseta no es muy elevado.

7.4 Aplicación del modelo de visualización

Previamente a la aplicación del modelo visual, se necesita calcular las emisiones mínimas y máximas posibles de una camiseta básica para así situar cada escenario en el índice de sostenibilidad.

En el cálculo de dichas emisiones participarán composiciones de algodón y de las fibras sintéticas incluidas en el modelo: el poliéster, el poliéster reciclado, el Nylon (6, 66 y mezcla 50/50 de ambos) y las poliolefinas (el polietileno, polipropileno y el PET). Para el impacto del transporte, para el valores mínimo se utilizará transporte en tren de mercancías y para el máximo se supondrá que el transporte ha sido por medio aéreo, que es el tipo más contaminante.

El valor mínimo es de 2,143 KgCO₂eq por camiseta, que coincide con el valor obtenido en el escenario 2 de algodón orgánico cultivado en España. Sin embargo, en lugar de transporte por carretera, se ha calculado el transporte en tren de mercancías.

El valor máximo que se ha obtenido es de 8,073 KgCO₂eq por camiseta y corresponde a la mezcla 50/50 de Nylon 6 y Nylon 66 con la producción de la materia prima en planta europea. No obstante, se ha supuesto que la fabricación de la prenda ha sido realizada en Indonesia, y el transporte hasta Madrid ha sido en avión, recorriendo 12.847Km.

La distribución de colores quedaría de la siguiente manera:

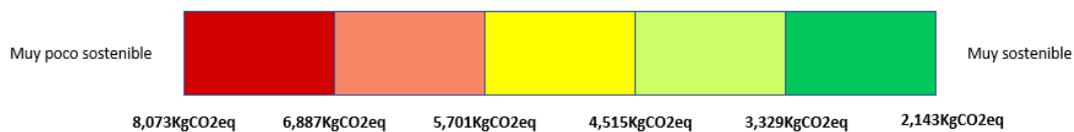


Figura 32: distribución de colores según el impacto de una camiseta en el índice de sostenibilidad visual

Fuente: elaboración propia

El índice visual se aplicará en los cuatro escenarios de cálculo para el tejido plano.

Posteriormente a la selección de un color según la sostenibilidad de la cadena de valor, se evaluará la transparencia de la empresa que produce la camiseta en cada escenario: empresa A, B, C y D. Para la evaluación de cada una de ellas, se ha hecho un símil entre la producción de las camisetas de los escenarios, y las comercializadas por empresas conocidas, de las que se puede saber el índice de transparencia. Además, se evaluará la cantidad de información sobre el impacto medioambiental y la trazabilidad que se puede extraer de la página web de cada marca.

Asimismo, se usará otro índice visual, como en el caso del índice de sostenibilidad, para el índice de transparencia.

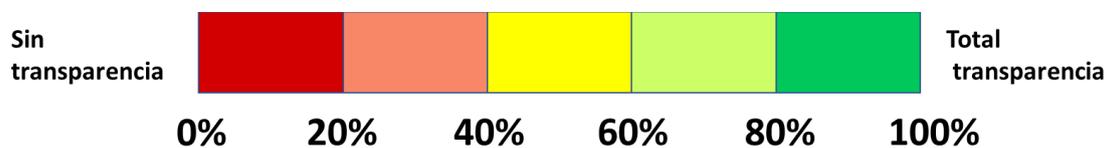


Figura 33: índice de transparencia

Fuente: elaboración propia

7.4.1 Algodón convencional

- Índice de visualización de sostenibilidad

Para la producción de una camiseta de algodón convencional de tejido plano, las emisiones totales calculadas son de 4,846 KgCO₂eq. Esto quiere decir que la sostenibilidad en la producción de una camiseta de algodón convencional según el modelo, es media, y se situaría en el color amarillo.

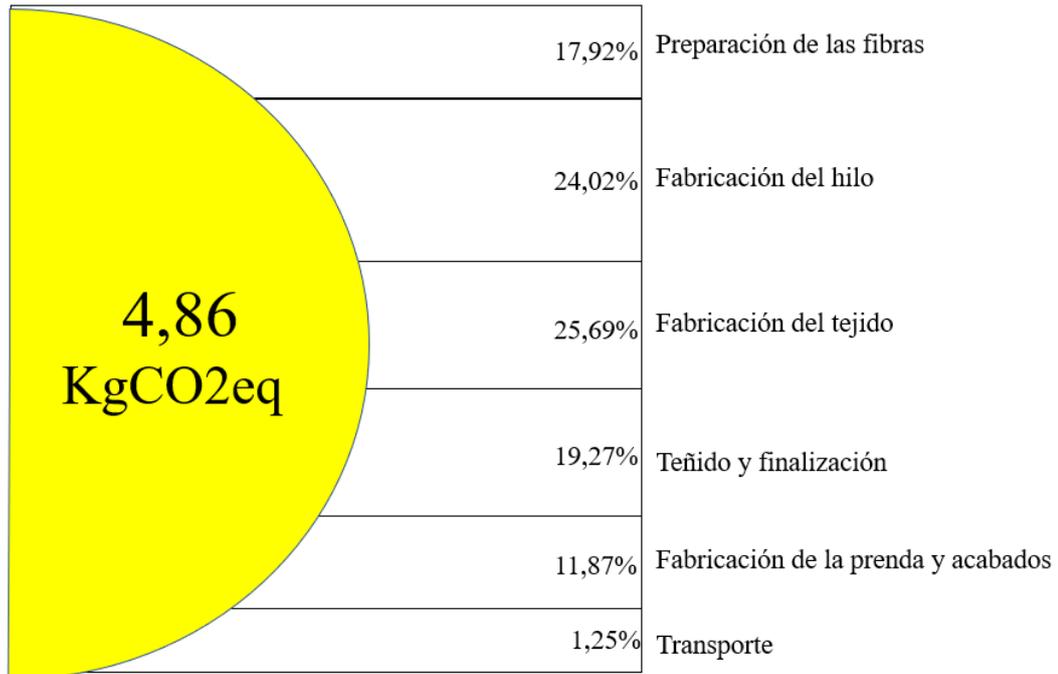


Figura 34: índice de sostenibilidad visual del algodón convencional

Fuente: elaboración propia

- **Transparencia de la empresa A**

A diferencia de otras marcas, la empresa A da información de sus proveedores, no obstante, no se publica un proveedor en particular para cada prenda, sino que se muestra una lista con todos los proveedores de último nivel, es decir, de fabricación, con los datos sobre la localización y el número de trabajadores de cada planta.

La empresa A tiene una puntuación de transparencia de 66%, siendo la nota más alta de las empresas participantes en el estudio de 78%. Esto quiere decir, que tienen un nivel alto de transparencia, y sí el consumidor quisiese información sobre el impacto social o medioambiental de su prenda de esta marca, en la web de la empresa seguramente podría encontrar algo de información.



Figura 34: índice de transparencia visual de la empresa A

Fuente: elaboración propia

Además, su puntuación en trazabilidad es de un 82%, por lo que, con la información que dan sobre los proveedores, se podría conocer notablemente el lugar de la actividad de alguno de los eslabones de la cadena de valor y detalles sobre los trabajadores y prácticas laborales.

Poniendo juntos los índices de sostenibilidad y de transparencia, se obtiene la siguiente figura, obteniéndose una visión más completa de la prenda y de la empresa de cara al consumidor. Se han respetado los mismos colores que los obtenidos en los índices previos.

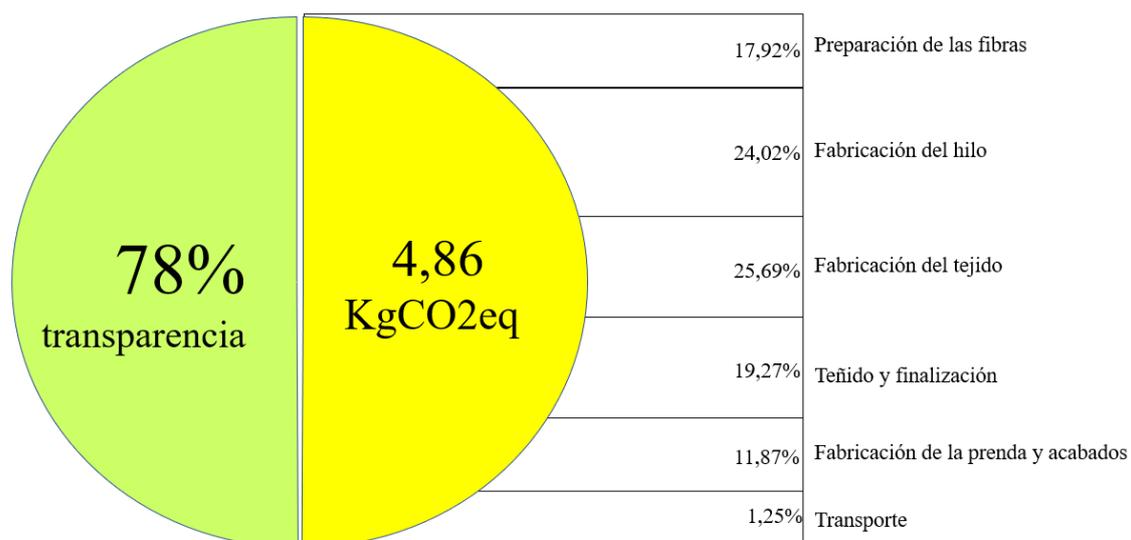


Figura 35: comparativa visual transparencia emisiones camiseta algodón convencional empresa A

Fuente: elaboración propia

7.4.2 Algodón orgánico cultivado en España

- Producción de una camiseta de algodón orgánico de tejido plano todo cultivado y fabricado en España. En este segundo escenario, las emisiones totales han sido de 3,205 KgCO₂eq por camiseta, por lo que se puede considerar la producción de este tipo de tejido como muy sostenible según el índice de sostenibilidad.

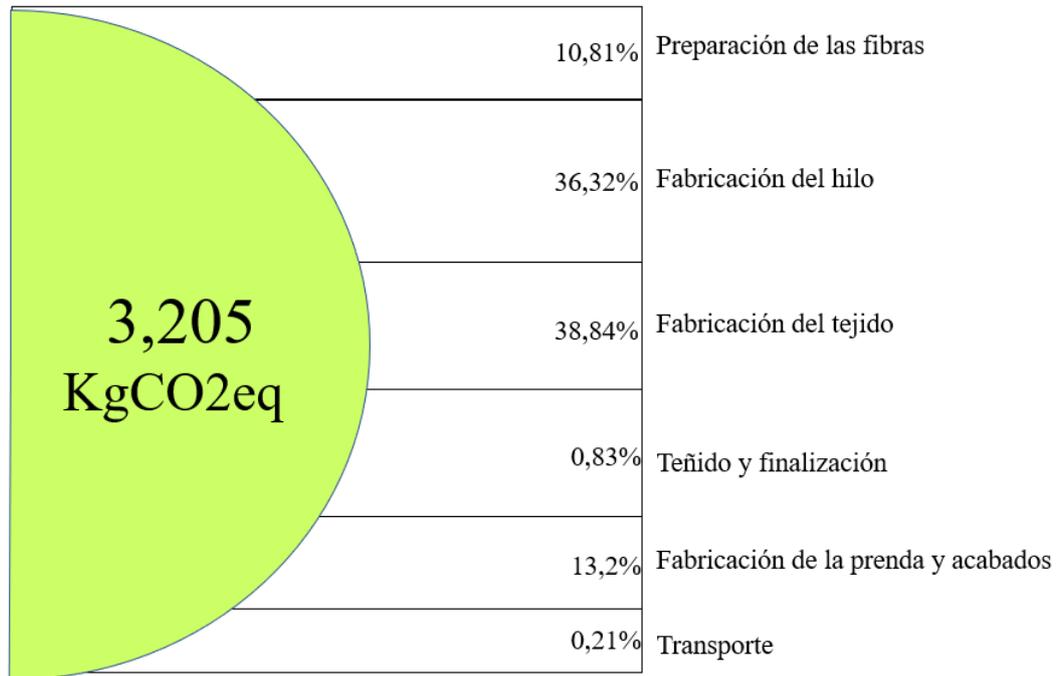


Figura 36: índice de sostenibilidad visual del algodón orgánico

Fuente: elaboración propia

Como en el caso anterior, también se realizará un desglose de emisiones. El principal propósito de este desglose, es que se vea la diferencia por cada etapa de una forma sencilla. Se cree, que, si se empiezan a introducir porcentajes, o cantidades numéricas, el consumidor puede no comprender con tanta facilidad lo que se le está presentando.

- **Transparencia y trazabilidad de la empresa B**

Como resulta complicado encontrar una empresa grande que comercialice camisetas de algodón orgánico cultivado en España, se va a utilizar como objeto de estudio una camiseta de algodón orgánico supima 100% cultivado en Estados Unidos. La diferencia se situará en las emisiones derivadas del transporte. Pero al representar un pequeño porcentaje sobre el total, no se espera que varíe mucho el resultado de emisiones final, a no ser, que el transporte sea por medio aéreo.

En comparación con el caso anterior, se tienen menos datos sobre la composición. Se intuye que el tejido es plano, y no se obtiene información de manera sencilla de ninguno de los niveles de proveedores.

Según el índice de transparencia, la empresa B tiene una puntuación de 49 puntos sobre 100 en transparencia, y un 40% en trazabilidad. Por ello, sería muy complicado el cálculo de impactos a través de la información publicada por la web de dicha empresa.

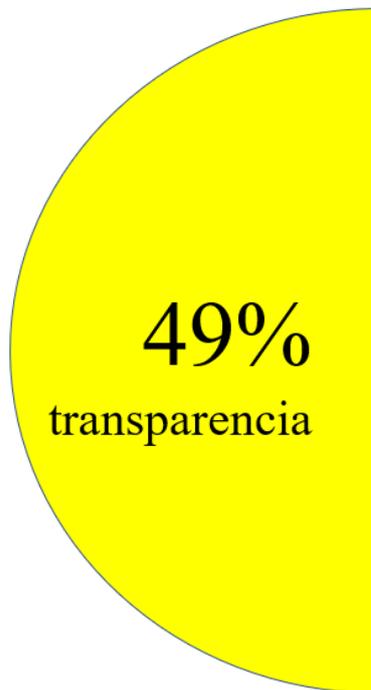


Figura 37: índice de transparencia visual de la empresa B

Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra en conjunto los dos índices.

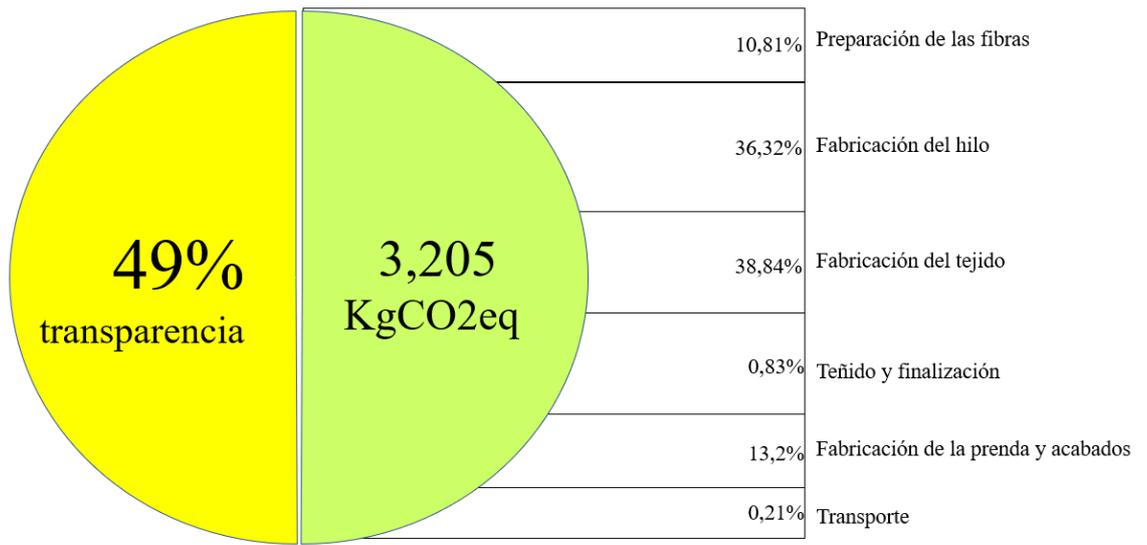


Figura 38: comparativa visual transparencia emisiones camiseta algodón orgánico empresa B

Fuente: elaboración propia

7.4.3 Poliéster Virgen

- Producción de una camiseta de poliéster virgen de tejido plano. En este siguiente caso, las emisiones por camiseta son de 4,346 KgCO₂eq. Este valor sitúa la producción y distribución de esta prenda de poliéster en un nivel medio-alto de sostenibilidad según el modelo visual.

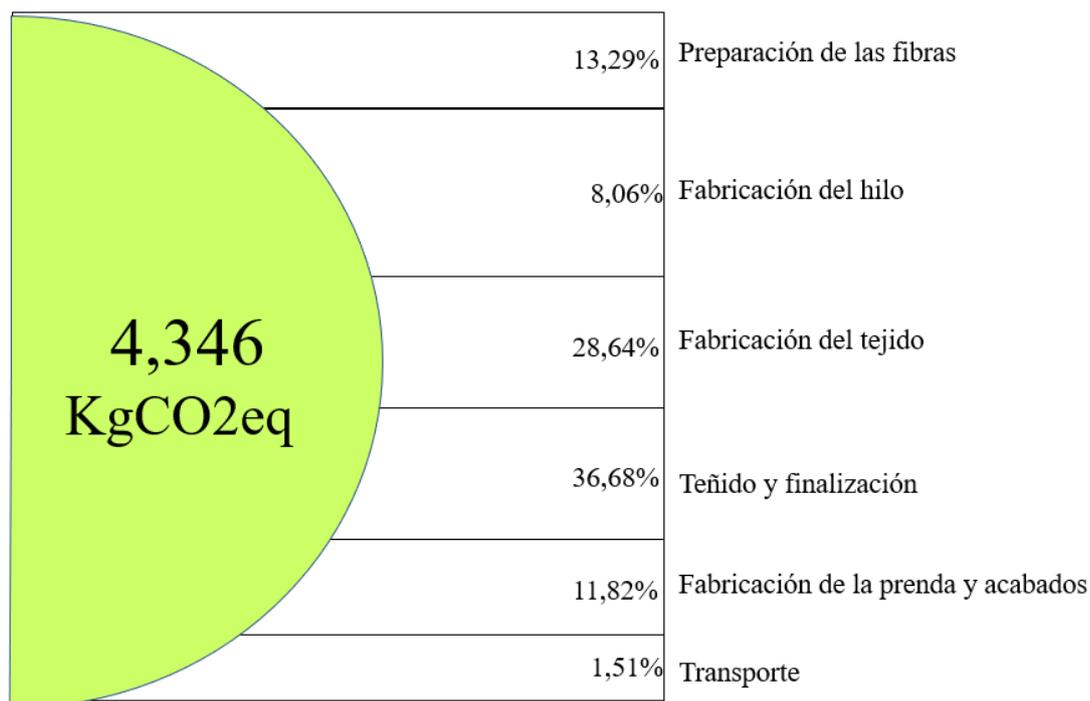


Figura 39: índice de sostenibilidad visual del poliéster virgen

Fuente: elaboración propia

- **Transparencia y trazabilidad de la empresa C**

Como se ha explicado anteriormente, el poliéster 100% se usa principalmente en la ropa deportiva, por ello, la empresa estudiada en el tercer escenario es de productos textiles relacionados con el deporte.

En este caso, la empresa solo muestra la composición en porcentaje de sus productos. Sin embargo, sí que manifiesta compromisos sociales y de inclusión. Es decir, pone un enfoque mayor en el impacto social, que en medioambiental.

La puntuación de transparencia de la empresa C es del 19%, y de trazabilidad del 8%. No obstante, la puntuaciones de políticas empresariales y compromisos sociales es de más de un 60%.

Con solo la web e información que publica esta empresa resultaría prácticamente imposible contabilizar las emisiones de cada eslabón de la cadena de valor, y conocer que políticas medioambientales está llevando a cabo.



Figura 40: índice de transparencia visual de la empresa C

Fuente: elaboración propia

Se muestra ahora la figura completa con ambos índices. En este escenario, se observa, que el impacto de sostenibilidad es más positivo que el de transparencia, o información que ofrece la empresa a sus clientes.

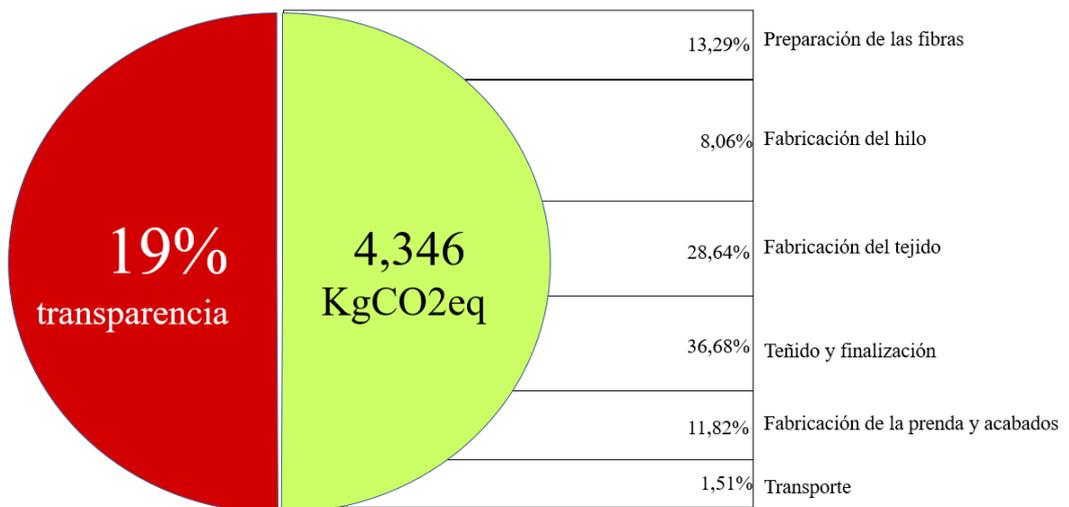


Figura 41: comparativa visual transparencia emisiones camiseta poliéster virgen empresa C

Fuente: elaboración propia

7.4.4 Poliéster Reciclado

- Para la producción de una camiseta de poliéster reciclado de tejido plano las emisiones de en KgCO₂eq fueron de 3,781 por camiseta, que se sitúa en el mismo abanico de valores que el caso del poliéster virgen. No obstante, la camiseta de poliéster reciclado está más cerca de un nivel más elevado de sostenibilidad.

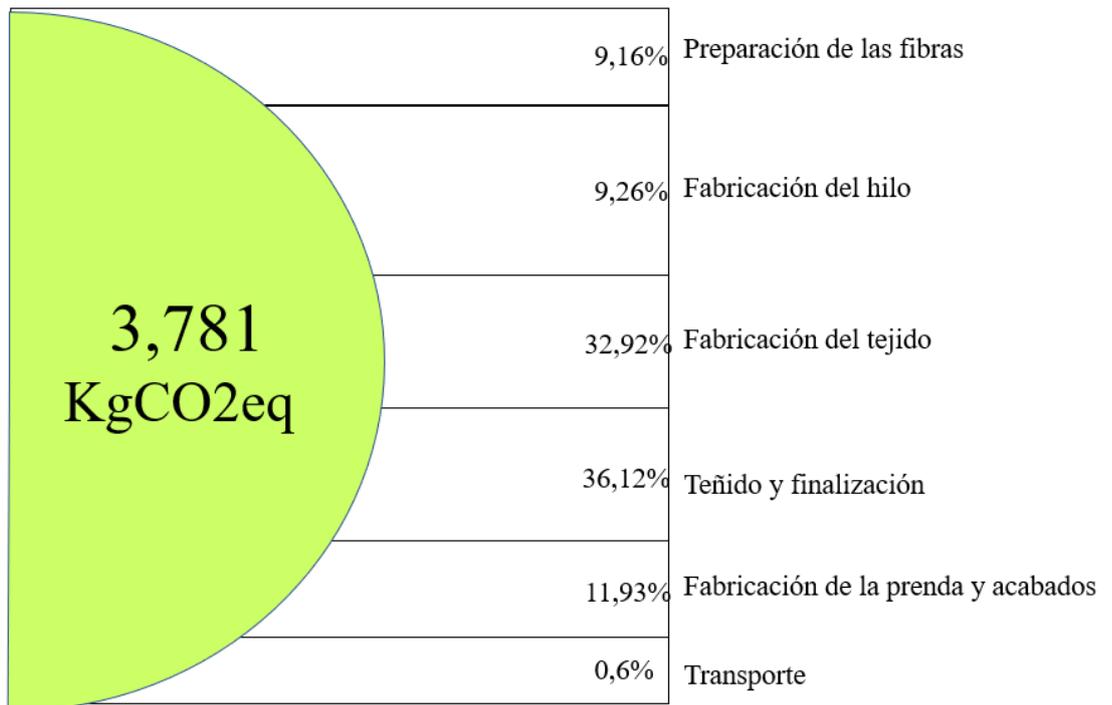


Figura 42: índice de sostenibilidad visual del poliéster reciclado

Fuente: elaboración propia

- Transparencia y trazabilidad de la empresa D

La empresa D, al igual que la empresa C también comercializa mayoritariamente prendas de deporte.

Mediante el estudio de la empresa D, a simple vista, no se encuentran más detalles sobre las prendas, más allá de la composición, o lugares de fabricación poco concretos.

Como empresa, la empresa D tiene una puntuación del 53% en transparencia y 64% en trazabilidad. En relación a la trazabilidad, se conocen los principales lugares de producción de las prendas, pero es complicado identificar en que fabrica se ha manufacturado un producto concreto, o dónde se ha producido el tejido.



Figura 43: índice de sostenibilidad visual del poliéster virgen

Fuente: elaboración propia

En este caso, los índices tienen el mismo color, por lo que el nivel de sostenibilidad se podría considerar equivalente al de transparencia. Nivel medio-alto.

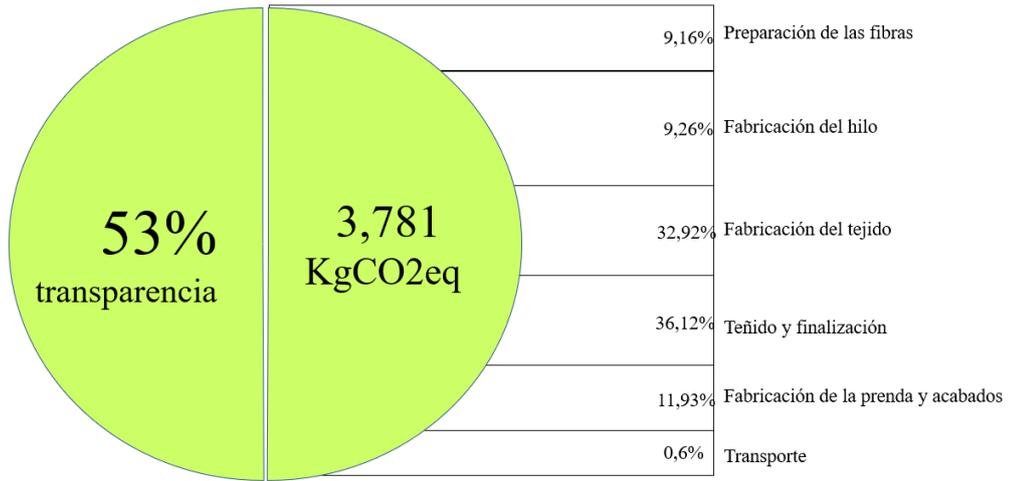


Figura 44: comparativa visual transparencia emisiones camiseta poliéster reciclado empresa D

Fuente: elaboración propia

Capítulo 8: Conclusiones

8.1 Conclusiones

El impacto ambiental en la industria de la moda es muy elevado, solo la producción y distribución de una camiseta básica emite más de 4 kilogramos de dióxido de carbono equivalente. La situación se agrava por el hecho de que hay una gran falta de transparencia en el sector. Esto quiere decir que las empresas de moda no suelen hacer pública información sobre su impacto medioambiental y social.

Esta situación hace que el consumidor medio no sea consciente del impacto medioambiental de las prendas que decide adquirir, y si por algún motivo lo que quiere averiguar, la tarea se vuelve bastante complicada.

Tampoco existe una solución independiente que comunique al consumidor el grado de sostenibilidad de las distintas empresas, que incluya las distintas actividades a lo largo de la cadena de valor, desde la extracción de la materia prima, hasta la llegada de la prenda al cliente final.

Como consecuencia, aparece la necesidad de la creación de una herramienta independiente que pueda ofrecer al consumidor de manera sencilla el detalle sobre el impacto de su compra. Además de ayudarlo a identificar el nivel de transparencia de la empresa que produce el bien.

Por ello, se ha desarrollado una solución visual para que el consumidor de moda conozca el detalle de su compra. Esta está dividida en dos secciones, una para la transparencia, y otra para el Potencial de Calentamiento Climático, o las emisiones equivalentes de CO₂. Cada una de ellas está tiene un color de fondo, que va de rojo a verde, que representa el índice visual de transparencia y sostenibilidad respectivamente, y de detalles porcentuales, uno del grado de transparencia y el otro del desglose de emisiones.

Mediante la elaboración del modelo de cálculo de emisiones se han podido observar una serie de variables clave que hace que una prenda tenga un índice mayor o menor de sostenibilidad. En primer lugar, se pueden reducir hasta en cuatro veces las emisiones de CO₂eq si se produce localmente y la materia prima es cultivada de manera orgánica, o, en el caso de materiales de origen sintético, si se utiliza la materia prima reciclada. En

otras palabras, si se utilizasen solo algodón orgánico y sintéticos reciclados, el impacto global de las emisiones del sector se vería considerablemente reducido.

Existe una gran diferencia en términos de emisiones totales entre las cadenas de valor de una camiseta de algodón convencional y otra de algodón orgánico. Incluso, una camiseta de algodón convencional según los resultados obtenidos, es menos sostenible que una de poliéster virgen.

Asimismo, se ha podido observar, que la producción de tejido de punto, al requerir menos energía, es considerablemente más sostenible que la producción de tejido plano en todos los escenarios bajo estudio.

El transporte, según los resultados obtenidos no tiene un gran impacto sobre el número total a lo largo de la cadena de valor de una camiseta. No obstante, si se utiliza el avión como medio de transporte, las emisiones del mismo representarían un porcentaje importante sobre el total. Aún así, cuanto más cerca del consumidor final se lleve a cabo la producción textil, menos emisiones de CO2 equivalente habrá del proceso total.

También se ha visto, que la producción más sostenible dentro del modelo es la del **tejido de punto de algodón orgánico fabricado y cultivado localmente**, en este caso, en España.

No obstante, para generar un cambio en el sector, es imprescindible la concienciación del consumidor. Por ello es importante que conozca los impactos de sus compras, y que se interese por reducirlos al máximo posible, eligiendo prendas fabricadas con materiales lo más sostenibles posible.

8.2 Futuros proyectos

Los futuros proyectos en relación con el trabajo están centrados en los siguientes puntos.

- Incluir todas las fibras textiles del mercado en el modelo de cálculo, para que el índice de sostenibilidad obtenido sea lo más parecido a la realidad posible.
- Realizar una mayor concreción de las emisiones derivadas del proceso de fabricación de la prenda y acabados. Por falta de información publicada se ha tenido que utilizar un porcentaje sobre el total de emisiones, y si se hablase con

expertos del sector, o con empresas que puedan facilitar datos de la maquinaria utilizada, se podría calcular una cantidad más precisa.

- Evolucionar el cálculo de transporte a aplicaciones como *EcoTransIT World tool*, que calcula las rutas más probables de transporte y las emisiones derivadas de cada una por la cantidad de mercancías indicada.
- Creación de:
 - Una aplicación independiente que calcule tanto el Potencial de Calentamiento Climático de una cantidad de marcas y prendas como el porcentaje de transparencia de la empresa, y ofrecer al consumidor la solución visual obtenida, fácil de comprender por el consumidor medio.
 - De acuerdos con empresas del sector o con el gobierno, para que se incluyan los índices visuales tanto en las páginas webs de las empresas, como en las etiquetas, si se ve necesario.

Capítulo 9: Bibliografía

- Airfleets. (2023). *Airfleets*. Obtenido de <https://www.airfleets.es/flottecie/Amazon%20Prime%20Air.htm>
- Baker, S., & Kay, G. (21 de Junio de 2021). *Business Insider*. Obtenido de <https://www.businessinsider.es/amazon-air-boeing-737-ultima-adquisicion-amazon-883817>
- Berg, A., Magnus, K.-H., Kappelmark, S., Granskog, A., Lee, L., Sawers, C., . . . Arici, G. (2020). *Fashion on climate, how the industry can urdently act to reduce its greenhouse emissions*. Obtenido de McKinsey & Company and Global Fashion Agenda: file:///C:/Users/marta/Downloads/https___globalfashionagenda.org_wp-content_uploads_2022_09_Fashion-on-Climate-Report-2020.pdf
- Bick, R., Halsey, E., & C. Ekenge, C. (27 de Diciembre de 2018). The global environmental injustice of fast fashion. *Environmental Health*.
- Bone Alive. (2023). *Certificados de ropa ecológica*. Obtenido de Bone alive ropa ecológica: <https://www.bonealive.com/ropa-ecologica/>
- Charpail, M. (2022). *¿Qué le pasa a la industria de la moda?* Obtenido de Sustain your style: <https://es.sustainyourstyle.org/en/whats-wrong-with-the-fashion-industry>
- Cherrett, N., Barrett, J., Clemett, A., Chadwick, M., & Chadwick, M. J. (2005). *Ecological Footprint and Water Analysis of Cotton Hemp and Polyester*. Estocolmo: Stockholm Environment Institute; 2005.
- Climate Science. (14 de Abril de 2022). *Textiles: ¿podemos hacer que la moda sea sostenible?* Obtenido de <https://climatescience.org/es/advanced-fashion-textiles-sustainable>
- Comisión Europea. (2022). *How is the EU making Fashion sustainable?* Obtenido de Página web Comisión Europea: https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/reset-trend/how-eu-making-fashion-sustainable_en

Cortes, A. (28 de Abril de 2020). *El momento clave para concienciar sobre la segunda industria más contaminante del mundo*. Obtenido de El País : <https://elpais.com/ciencia/2020-04-28/el-momento-clave-para-concienciar-sobre-la-segunda-industria-mas-contaminante-del-mundo.html>

Deeley, R. (1 de Marzo de 2023). *Textile-to-Textile Recycling Company Circ Closes \$25 Million Investment*. Obtenido de Business of Fashion: <https://www.businessoffashion.com/news/sustainability/textile-to-textile-recycling-company-circ-closes-25-million-investment/>

Ecoembes. (11 de Mayo de 2021). *The Circular Lab*. Obtenido de <https://www.thecircularlab.com/que-emite-menos-c02-el-coche-el-tren-o-el-avion/#:~:text=As%C3%AD%20que%20seg%C3%BAn%20sus%20estimaciones,CO2%20por%20pasajero%20y%20kil%C3%B3metro.>

El canal marítimo y logístico. (13 de Abril de 2021). *Renfe Mercancías evitó en el 2020 la emisión a la atmósfera de 850.000 toneladas de CO2*. Obtenido de <https://www.diarioelcanal.com/renfe-mercancias-evito-en-2020-la-emision-a-la-atmosfera-de-850-000-toneladas-de-co2/#:~:text=En%20la%20misma%20%C3%ADnea%20y,transporte%20de%20mercanc%C3%ADas%20por%20carretera.>

El Economista. (27 de Mayo de 2022). *La moda online roza el 21% en España y ya supera en penetración a Italia*. Obtenido de <https://www.economista.es/retail-consumo/noticias/11788300/05/22/La-moda-online-roza-el-21-en-Espana-y-ya-supera-en-penetracion-a-Italia.html>

European Parliament. (1 de Junio de 2023). *Parliament wants to make EU textiles and clothing industry greener*. Obtenido de News European Parliament: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230524IPR91913/parliament-wants-to-make-eu-textiles-and-clothing-industry-greener>

Fashion Revolution. (2022). *Fashion Transparency Index*. Obtenido de <https://www.fashionrevolution.org/about/transparency/>

- Fashion United. (15 de Noviembre de 2018). *How sustainable is recycled polyester?*
Obtenido de <https://fashionunited.uk/news/fashion/how-sustainable-is-recycled-polyester/2018111540000>
- García Frutos, A. (Junio de 2021). *EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LOS PRODUCTOS TEXTILES DURANTE TODO SU CICLO DE VIDA E INTRODUCCIÓN DE ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR*. Obtenido de TFM Universidad Politécnica de Madrid: https://oa.upm.es/68410/1/TFM_Ana_Garcia_Frutos.pdf
- García-Mauriño Villanueva, M. (Junio de 2019). *MERCADO DE SEGUNDA MANO TEXTIL: ANÁLISIS DE BUENAS PRÁCTICAS EN EMPRESAS AMERICANAS DEL SECTOR*. Obtenido de Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Pontificia de Comillas: <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/295842/retrieve>
- Global Climate Action. (14 de Septiembre de 2020). *Fashion Industry Charter by Climate Action*. Obtenido de Global Climate Action, United Nations Climate Change: file:///C:/Users/marta/Downloads/20_REP_UN%20FIC%20Playbook_V7.pdf
- Inditex. (2022). *Sostenibilidad*. Obtenido de Inditex: <https://www.inditex.com/itxcomweb/es/sostenibilidad>
- Intextil. (7 de Marzo de 2023). *Todo sobre tipos de tintes para la industria textil*. Obtenido de <https://www.intextil.com.co/todo-sobre-tipos-de-tintes-para-la-industria-textil/>
- Kalliala, E. M., Nousiainen, & Pertti. (1999). Environmental profile of cotton and polyester-cotton fabrics. *Autex Research Journal*, 8-20.
- Kirchain, R., Olivetti, E., Miller, T. R., & Greene, S. (22 de Septiembre de 2015). *Sustainable Apparel Materials*. Obtenido de <https://matteroftrust.org/wp-content/uploads/2015/10/SustainableApparelMaterials.pdf>
- Laursen, S. E., Hansen, J., Knudsen, H. H., Wenzel, H., Larsen, H. F., & Kristensen, F. M. (2007). *EDIPTEX: Environmental assessment of textiles*. Danish Environmental Protection Agency.

- Materiales ecológicos. (s.f.). *Hilo*. Obtenido de <https://materialesecologicos.es/tag/hilo/>
- Ministerio de Transportes, movilidad y agenda urbana. (2020). *Sostenibilidad Ambiental, Emisiones Contaminantes del Transporte*.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (s.f.). *Organización de transporte ferroviario, Movilidad 30*. Obtenido de https://www.mitma.gob.es/ferrocarriles/mercancias-30/transporte_ferroviario_situacion_actual
- Nguyen, Q. (2022). *How Sustainable Are TENCEL™ Fabrics? A Life-Cycle Analysis*. Obtenido de Impactful Ninja: <https://impactful.ninja/how-sustainable-are-tencel-fabrics/>
- Observatorio plástico. (Diciembre de 2010). *Guía: plásticos y fuego*. Obtenido de https://www.observatorioplastico.com/ficheros/publicaciones/126155543Guia_plasticos_fuego_2010_encrip.pdf
- OECOTEXTILES. (5 de Junio de 2012). *NYLON 6 AND NYLON 6,6*. Obtenido de <https://oecotextiles.blog/2012/06/05/nylon-6-and-nylon-66/>
- Quantis. (s.f.). *Measuring Fashion: Insights from the Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries*. Obtenido de <https://quantis.com/report/measuring-fashion-report/>
- Redacción Opportimes. (21 de Junio de 2021). *Opportimes*. Obtenido de <https://www.opportimes.com/cuanto-contamina-el-transporte-maritimo-el-terrestre-y-el-aereo/#:~:text=Mientras%20el%20transporte%20mar%C3%ADtimo%20de%20carga%20emite%20aproximadamente,Cambio%20Clim%C3%A1tico%20%28IPCC%2C%20por%20su%20sigla%20en%20ingl%C3%A9>
- Sandin, G., Ross, S., Spak, B., Zamani, B., & Peters, G. (2019). *environmental assessment of Swedish clothing consumption- six garments, sustainable future*. Obtenido de *Mistra future Fashion*: <http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2019/08/G.Sandin-Environmental-assessment-of-Swedish-clothing-consumption.MistraFutureFashionReport-2019.05.pdf>

- Sandrea, M., & Boscán, M. (abril-junio de 2004). La cadena de valor del sector confección. *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 9, págs. 336-353.
- Senthilkannan Muthu, S. (2014). *Assesing the Environmental Impact of Textiles and the clothing supply chain*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute.
- Textile Exchange. (Octubre de 2022). *Preferred Fiber & Materials Market Report*. Obtenido de Textile Exchange: https://textileexchange.org/app/uploads/2022/10/Textile-Exchange_PFMR_2022.pdf
- Tillero Pintos, M. L. (Junio de 2018). *EMISIONES DE CO2 EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO*. Obtenido de Repositorio Universidad Pontificia de Comillas: <https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/29942/1/TFM000893.pdf>
- Todo en Polímeros. (s.f.). *PROCESOS DE EXTRUSIÓN*. Obtenido de <https://todoenpolimeros.com/procesos-de-extrusion/>
- van der Velden, N. M., Patel, M. K., & Vogtländer, J. G. (4 de Septiembre de 2013). *LCA benchmarking study on textiles made of cotton*,. Obtenido de LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT (LCIA): <file:///C:/Users/marta/Downloads/LCA-textiles.pdf>
- Wrey, E. (14 de Julio de 2022). *We Still Don't Have Enough Transparency In Fashion*. Obtenido de British Vogue: <https://www.vogue.co.uk/fashion/article/fashion-transparency-index-2022>
- Xicota, E. (20 de Octubre de 2015). *Impactos de los químicos textiles*. Obtenido de <https://www.esterxicota.com/tenido-textil/>
- Your Europe. (19 de Mayo de 2023). *Etiquetado de los textiles*. Obtenido de Your Europe: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/textile-label/index_es.htm

Capítulo 10: Anexos

10.1 Anexo 1: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas

Los tres Objetivos con los que más se alinea el proyecto son: Producción y consumo responsables, Acción por el clima e Industria, Innovación e Infraestructura.

En primer lugar, mediante el proyecto se busca informar al consumidor de cómo de respetuosa es su compra con el medio ambiente, por medio de emisiones equivalentes de CO₂ liberadas a la atmósfera durante todos los procesos de producción. Asimismo, se busca que el consumidor sea consciente del consumo que está llevando a cabo, las causas de ello, y cómo adquiriendo prendas sostenibles, de segunda mano, o cediendo prendas suyas que ya no utiliza, puede llegar a contribuir a la obtención de los objetivos propuestos a la industria de la moda para el año 2030. Además, mediante la producción responsable, y sostenible, se puede llegar a reducir en gran medida la emisión de gases de efecto invernadero.

El segundo objetivo alineado con el proyecto, acción por el clima, está relacionado en el hecho de que se busca que el consumidor minimice su huella de carbono derivada de la compra de productos del sector moda. Ello mediante la obtención de información necesaria, clara y fácilmente comprensible por el consumidor medio.

Por último, la relación con el objetivo de Industria, Innovación e Infraestructura es manifestar la necesidad del uso de nuevas tecnologías en la industria para poder llegar a cumplimentar los objetivos del Acuerdo de París, o los propuestos por la Unión Europea. Como se ha expresado en previos apartados, la importancia en la disminución de emisiones en el sector moda viene dada por una acción conjunta de todos los eslabones de la cadena de valor. Se necesita una producción responsable, y lo más propulsado por energías renovables posible. Para ello, se requiere innovación en las infraestructuras e inversión. Lo mismo sucede para la distribución, venta o el reciclaje. Aunque cada vez hay más empresas, particularmente startups, enfocadas en la creación de métodos, como por ejemplo de reciclaje de plásticos para convertirlos en materiales textiles, se necesitan más métodos innovativos en la industria para que el resultado sea fructífero.

