

Tu camiseta "reciclada" no baja el carbono. Baja **otra cosa**.

Análisis de Ciclo de Vida comparativo de una camiseta de algodón: virgen, reciclado y poliéster reciclado (rPET). Del campo al incinerador, con fase de uso. Orientado a DAP y Pasaporte Digital de Producto.

SECTOR	ALCANCE	UNIDAD FUNCIONAL	MÉTODO
Textil · Camiseta	Cuna a tumba + uso	Una camiseta · 50 lavados	EF 3.1 · PEFCR A&F
SOFTWARE	CASO		
OpenLCA · base BAUF	03 · Laboratorio T1		

Un buen análisis no esconde sus costuras. Este informe recorre el estudio completo —objetivo, método, inventario, resultados por categoría, sensibilidades y limitaciones— y añade lo que distingue a este caso de los anteriores: el mapa de cómo el ACV se convierte en una **DAP** (perfil PEF) y en un **Pasaporte Digital de Producto**, y por qué ninguna cifra de huella, sola, basta para llamar sostenible a una prenda.

1 Objetivo y alcance

LA PREGUNTA DE NEGOCIO

La misma camiseta básica se vende en tres versiones —**algodón virgen, algodón reciclado y poliéster reciclado (rPET)**— y las tres se comunican como "la opción sostenible". La pregunta: ¿cuál pesa menos, en qué categoría, y con qué datos se demuestra cuando el Pasaporte Digital lo exija?

Unidad funcional. Disponer de una camiseta de ~150 g limpia y presentable durante 50 lavados. Comparar por "servicio" —y no por "una camiseta"— es lo que permite meter la durabilidad y el lavado en la misma balanza.

Alcance del sistema. Cuna a tumba con fase de uso: cultivo o reciclado de la fibra (A1) · hilatura, tejido, tintura y confección (A2–A3) · transporte Asia→UE (A4) · fase de uso, 50 lavados (B) · fin de vida por incineración (C). El crédito de fin de vida (módulo D) se reporta aparte.

Las cuatro bandas. Se modela la misma camiseta cambiando solo la fibra: algodón virgen (referencia), reciclado 30% (la mezcla real de tienda, 70/30), reciclado 100% (el ideal que sugiere el sello) y rPET. Misma unidad funcional y mismo escenario de lavado en todas.

2 Metodología e inventario

Modelado en **OpenLCA** con el método **EF 3.1** (Environmental Footprint de la Comisión Europea), alineado con el **PEFCR de Apparel & Footwear v3.1**, la regla de categoría de huella del textil europeo. Datos de fondo de base pública tipo ecoinvent (BAFU). El reciclado se contabiliza en **corte de sistema (cut-off)**: el material recuperado entra "libre de carga", y el impacto del reciclado se asigna a la vida que lo usa.

Masa de fibra y mermas

Cada camiseta parte de **~0,1875 kg de fibra**: 0,15 kg de prenda más las mermas de hilatura (~10%) y confección (~20%). Para el rPET, la merma de hilatura equivale a la pérdida de extrusión granza→filamento, de modo que las bandas comparan masa de servicio equivalente.

La fase de uso, repartida por colada

Los 50 lavados no se cargan enteros a la camiseta: se lava junto al resto de la ropa. Con una carga de lavadora de 4 kg, a cada prenda le corresponde **~3,75% de cada colada**. El escenario base es **secado al tendedero** (lo habitual en España); la sensibilidad añade **secadora** (+0,094 kWh/lavado, mix eléctrico ES).

Proxies declarados (y por qué son conservadores para la tesis)

La base solo traía tejido de calada, así que el punto se modela como **calada**; la **tintura de algodón se reutiliza para el poliéster** (que en realidad tiñe con dispersos); el rPET usa un **proxy de extrusión de fibra** más granza de botella reciclada real; y el **fin de vida del textil de algodón se aplica también al rPET**, lo que lo trata casi como neutro y por tanto **infravalora** su CO₂ fósil. Todos estos proxies juegan a favor del rPET —y aun así el mensaje del caso se sostiene—.

3 Resultados por categoría

El primer resultado es que **no hay un ganador único honesto**. En cambio climático las cuatro bandas casi empatan —manda la producción de la prenda, no la fibra—; en uso de suelo, agua y pesticidas se separan por completo. El rPET gana en las cinco categorías *medidas*, pero "gana en la huella medida" no es "es la mejor" (ver §4.4).

Por camiseta	Algodón virgen	Reciclado 30%	Reciclado 100%	rPET
Cambio climático (kg CO ₂ e)	4,66	4,48	4,06	3,29
Uso de agua (m ³ world eq)	12,06	10,93	8,30	8,19
Uso de suelo (pt)	123,5	94,2	25,7	22,9
Ecotoxicidad agua dulce (CTUe)	55,3	43,6	16,2	14,0
Recursos fósiles (MJ)	63,4	62,0	58,8	47,8

Tabla 1 · Huella por camiseta (cuna a tumba, escenario tendedero). En azul, el mínimo de cada fila. El ranking entre algodones cambia según la categoría; el rPET es el mínimo en todas las medidas.

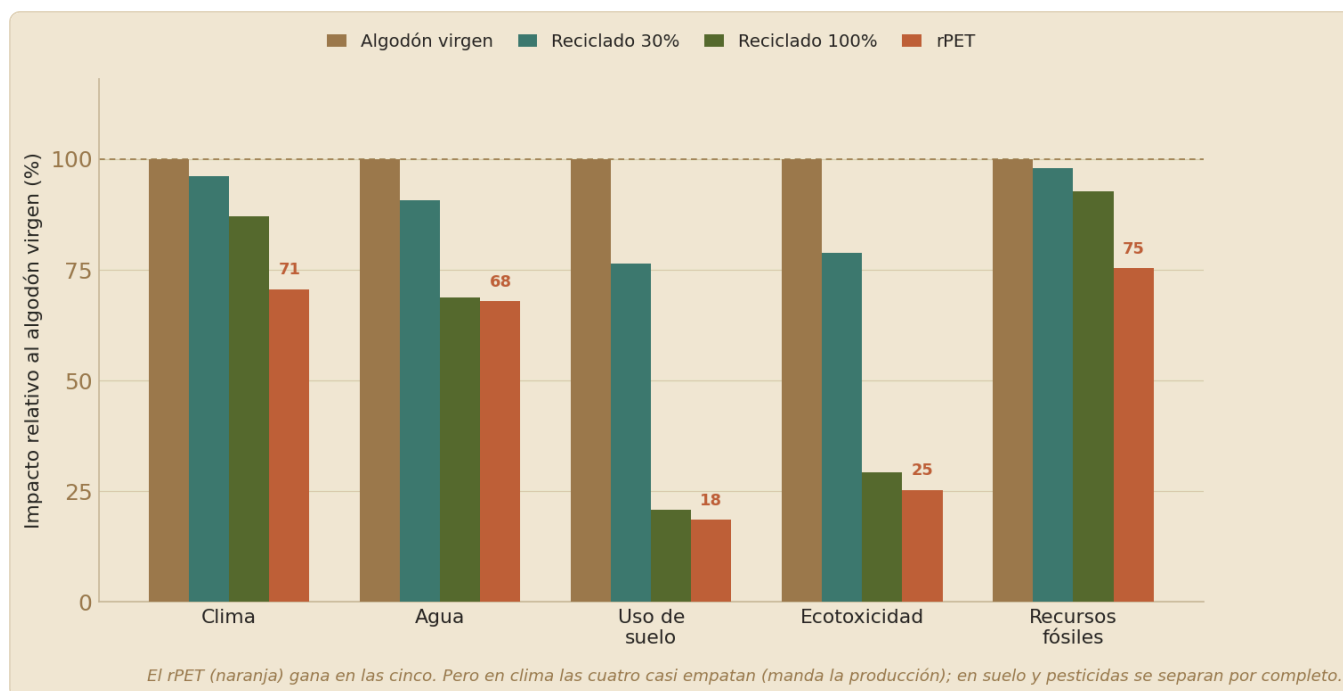


Figura 1 · Perfil multicriterio. Impacto de cada fibra relativo al algodón virgen (=100%). En clima las cuatro casi empatan; en suelo y ecotoxicidad el reciclado y el rPET caen por debajo del 30% de la referencia.

4 Hallazgos

4.1 · Reciclar algodón no baja el carbono

Cambiar de algodón virgen a reciclado baja la huella de carbono un **4%**; ni siquiera el 100% reciclado ideal pasa del **13%**. El carbono de una camiseta está en **hilar, tejer, teñir y lavar**, no en el cultivo del algodón, y eso no cambia por reciclar la fibra. La letra pequeña de la etiqueta: una prenda "de algodón reciclado" de tienda suele ser 30% reciclada + 70% virgen, así que ahorra menos de un tercio de lo que el sello sugiere.

Frente al virgen	Clima	Agua	Uso de suelo	Ecotoxicidad
Reciclado 30% (real de tienda)	-4%	-9%	-24%	-21%
Reciclado 100% (ideal)	-13%	-31%	-79%	-71%

Tabla 2 · Variación respecto al algodón virgen (tendedero). El clima apenas se mueve; suelo, agua y pesticidas caen con fuerza.

4.2 · Dónde sí gana el reciclado: la tierra, el agua y los pesticidas

Lo que el reciclado se salta es el **cultivo del algodón**, uno de los más intensivos en tierra y pesticidas del planeta (la fibra virgen ocupa 11,25 m²·año por kg y arrastra una lista larga de emisiones al suelo). Por eso el ahorro real no está en el titular de carbono, sino en **uso de suelo (-24% a -79%), ecotoxicidad (-21% a -71%) y agua (-9% a -31%)**. Ganador por criterio: la camiseta reciclada no salva el clima, salva la tierra, el agua y los pesticidas.

4.3 · Producir pesa más que lavar (y rompe un mito de moda)

Se repite que en la moda la fase de uso domina la huella. Ese titular **asume secadora**. Con tendedero y carga llena se da la vuelta: **fabricar la camiseta pesa ~5 veces más que lavarla toda su vida**. El corolario incómodo: meter secadora sube el clima un **19%** —más de lo que baja pasar de virgen a 100% reciclado—. Cómo secas importa más que qué fibra compras.

Escenario	Producción	Uso (50 lavados)
Tendedero (España realista)	~84%	~16%
Secadora	~78%	~22%

Tabla 3 · Reparto del carbono de la camiseta entre producción y uso, por escenario de secado.

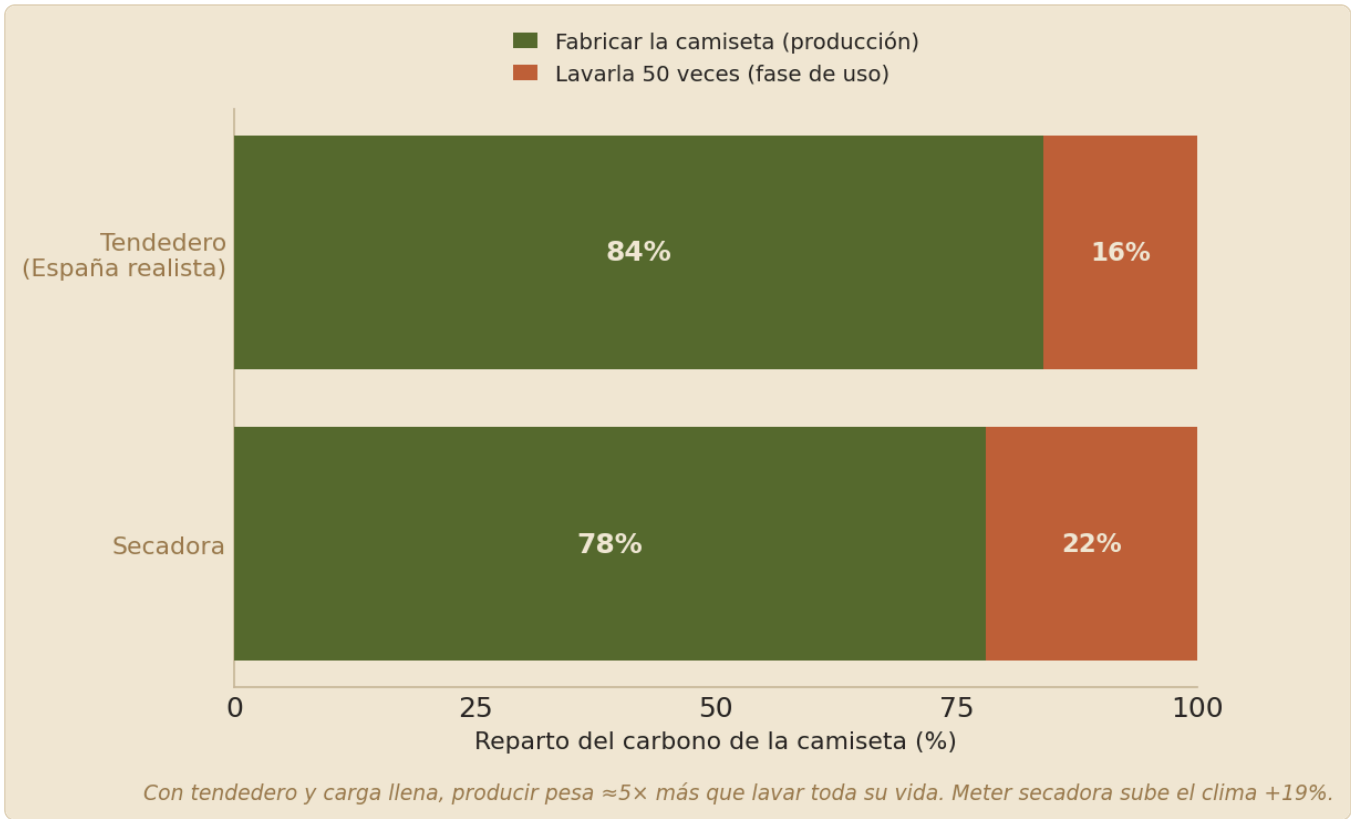


Figura 2 · Producción vs. uso. Con tendedero la producción es el 84% del clima de la camiseta. La secadora sube el total un 19%.

4.4 · El rPET gana en la huella... y ahí está la trampa

El poliéster reciclado sale el más limpio en las cinco categorías. Con datasets estándar es el "ganador" — y por eso "reciclado" tiene aura de sostenible—. Pero el modelo es **ciego a lo que más importa del poliéster**: los **microplásticos** de cada lavado (no existe factor de caracterización LCA, así que no los "paga"), el **CO₂ fósil** de incinerarlo (infravalorado por el proxy de fin de vida), y su **origen fósil** (reciclado no es renovable). El número dice "el rPET es el mejor"; los datos que faltan dicen otra cosa. **Una huella baja no es una garantía de sostenibilidad: es una garantía de que se ha medido lo que se puede medir**. Este es el hueco que el Pasaporte Digital viene a tapar.

4.5 · El país no mejora la huella: la canjea

La misma camiseta de algodón virgen, con fibra 100% de EE. UU. (secano) y 100% de China (regadío): el agua sube un **42%** solo cambiando de país. Pero es un **canje, no una mejora**: el secano ahorra agua a cambio de más tierra (+39%) y más pesticidas (+54%); el regadío, al revés. No hay origen limpio, y el clima ni se entera (±1%). Sin trazar el país no se sabe cuál de los tres impactos se está pagando.

Origen	Agua (m³)	Suelo (pt)	Ecotox. (CTUe)	Clima (kg CO ₂ e)
100% US · seco	9,6	147,8	69,8	4,54
Mezcla (banda A base)	12,1	123,5	55,3	4,66
100% CN · regadío	13,7	106,5	45,2	4,60

Tabla 4 · Sensibilidad de origen del algodón virgen (por camiseta, tendedero).

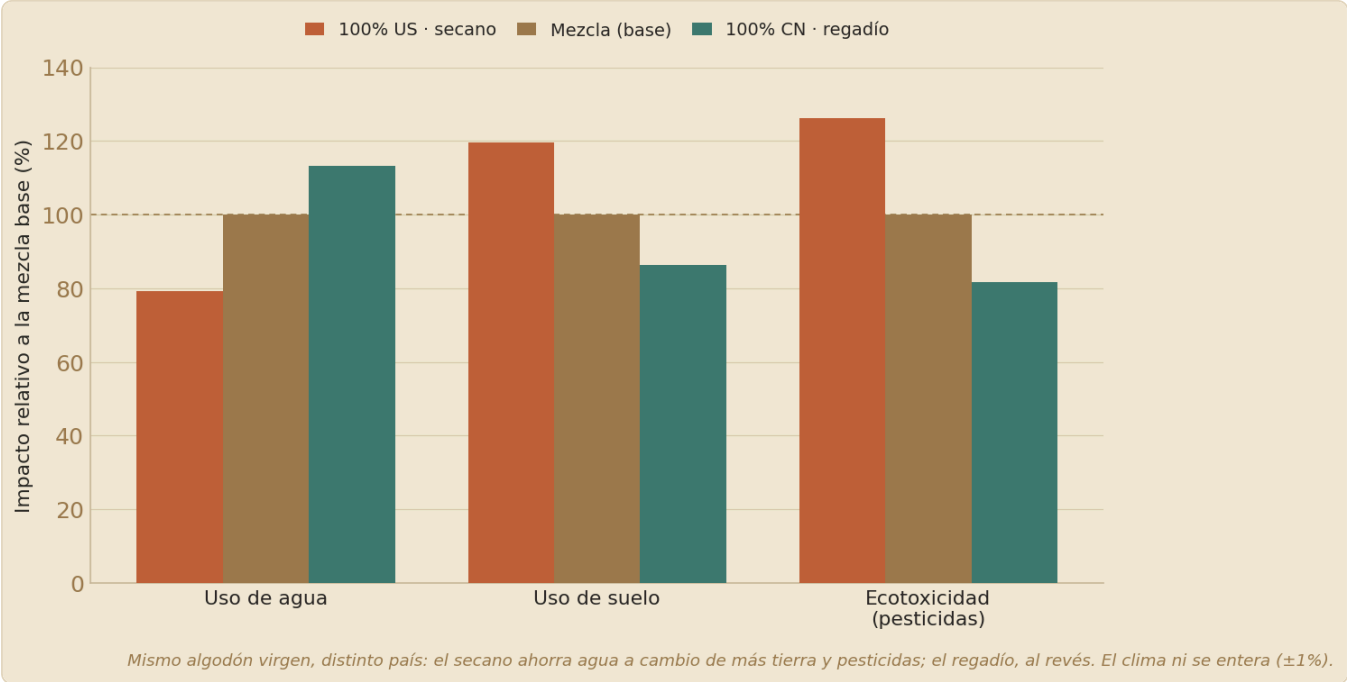


Figura 3 · El canje de origen. Mismo algodón virgen, tres países (relativo a la mezcla base =100%). El seco ahorra agua a costa de tierra y pesticidas; el regadío, lo contrario.

5 Interpretación: la jerarquía de palancas

Ordenadas por efecto real sobre la huella de una camiseta:

- Cómo la lavas y la secas.** El lavado es ~16–22% del clima; la secadora suma +19%. La palanca en manos del usuario, y pesa más que la fibra en carbono.
- La fibra, pero por criterio.** Reciclar apenas toca el clima; recorta fuerte agua, tierra y pesticidas. Elige por el criterio que importe, no por la etiqueta.
- El % reciclado real.** "Reciclado" al 30% ahorra un tercio de lo que ahorra al 100%. El porcentaje es el dato; el sello, no.
- La durabilidad.** Una prenda que dura la mitad se cuenta el doble por uso. Palanca declarada, no modelada aquí como escenario.
- El origen (trazabilidad).** El agua del algodón se dispara del seco al regadío. Sin país por etapa, no hay afirmación defendible.
- Fin de vida y microplásticos.** Invisibles para la huella, decisivos para el poliéster. El pasaporte los saca a la luz.

6 Del ACV a la DAP y el Pasaporte Digital

Aquí está lo que distingue a este caso. El ACV produce el **perfil de huella (perfil PEF)** que constituye la "DAP" de una prenda —en textil no se usa la EPD tipo EN 15804, propia de construcción—. Pero ese perfil es **un solo bloque** del Pasaporte Digital de Producto, que pide ~50 datos por prenda. Todo lo demás sale de otro sitio:

Bloque del DPP	De dónde sale el dato
Composición, % reciclado, trazabilidad país a país	Cadena de suministro + certificado de custodia (GRS/RCS)
Sustancias químicas (SVHC), durabilidad, microplásticos	Ensayo de laboratorio
Reciclabilidad, cuidado, reparación	Diseño de producto
Huella ambiental (perfil PEF)	El ACV — este estudio

Tabla 5 • El ACV rellena una casilla del pasaporte; el resto es un proyecto de datos.

La lección de negocio. "¿Con qué datos rellenas el pasaporte?" — con un sistema de datos (proveedores trazados, certificados, ensayos), no con un cálculo. Ese proyecto es lo que el textil tiene que montar hacia 2027. El ACV es el punto de partida, no el destino.

7 Limitaciones y matices honestos

- **El rPET sale demasiado limpio, y lo decimos.** Gana porque el modelo no ve microplásticos ni su CO₂ fósil de fin de vida, y porque el corte de sistema le regala la botella. Es el ejemplo de por qué una huella sola engaña, no un resultado que se defienda.
- **Proxies declarados.** Punto modelado como calada; tintura de algodón para el poliéster; fin de vida de algodón aplicado al rPET (lo infravalora). Todos favorecen al rPET, y aun así el mensaje se sostiene.
- **El rPET usa un reciclado real.** La granza viene de un dataset de reciclado mecánico de botella de verdad (energía, gas, sosa, agua, transporte), no de un proxy de solo electricidad.
- **El agua del algodón depende del dataset.** El de EE. UU. no trae riego; el de China sí. El titular hídrico se sostiene por la fracción china, y se declara.
- **Sin factor para microplásticos.** No hay indicador LCA para caracterizarlos: límite del método, declarado.
- **Datos secundarios, no certificado.** Perfil orientativo con base pública y proxies. No equivale a un PEF verificado por tercera parte ni a una DAP/DPP oficial: ese es el siguiente paso, con datos primarios y un cliente real.

8 Lección de método: un campo mal cambia el titular

Durante el modelado saltaron dos avisos que valen tanto como los resultados. Primero, **la referencia mal puesta**: la camiseta de rPET se montó con el flujo de salida en 1,0 kg en vez de 0,15 kg, y OpenLCA escaló la producción $\times 0,15$. La producción salió 6,7 veces demasiado baja y el total se quedó en **1,11 kg en vez de 3,29** —casi un tercio del real—. Un solo campo habría publicado el titular falso "el rPET emite 4× menos que el algodón". Lo cazó el control de calidad, no el software: el cálculo no daba error. Segundo, **los enlaces congelados**: cambiar un dato no actualiza el sistema ya construido; hay que reconstruirlo. En un ACV para una declaración o un pasaporte, la trazabilidad y la verificación no son formalismo: son lo que separa un dato de un error con buena pinta.

9 Marco regulatorio

ESPR (Reglamento 2024/1781 de Ecodiseño): en vigor; el textil es grupo prioritario. Habilita durabilidad, contenido reciclado, reciclabilidad y el Pasaporte Digital de Producto. Acto delegado textil esperado ~2027, con transición de ≥ 18 meses $\rightarrow$ aplicación real ~2028–2029. **PEF / PEFCR Apparel & Footwear**: el método de huella del textil europeo; en textil, la "DAP" es un perfil PEF, no una EPD EN 15804. **Green Claims + Empowering Consumers**: endurecen las afirmaciones "eco / sostenible / X% reciclado", que hay que sustanciar por categoría. **GRS / RCS**: respaldan el "% reciclado". **RAP textil**: recogida separada obligatoria en la UE desde 2025, que toca el fin de vida. (*Verificar fechas de aplicación vigentes al publicar.*)

10 Conclusiones

En textil, **ninguna cifra de huella dice, sola, si un producto es sostenible**. Reciclar algodón apenas mueve el clima pero recorta con fuerza tierra, agua y pesticidas: es un ganador por criterio, no un ganador único. El poliéster reciclado gana en la huella medida y pierde en lo que el número no ve —microplásticos y fin de vida fósil—. El escenario de secado pesa más que la fibra, y el país canjea unos impactos por otros. De ahí la conclusión estratégica: la ESPR no se fía de un número y monta un **pasaporte de datos**. El ACV rellena una casilla; el resto —composición, % reciclado, durabilidad, químicos, trazabilidad— se ensaya, se certifica y se traza. Empezar a montar ese sistema de datos, hoy, es la decisión que este caso pone sobre la mesa.

¿Y si fueran los datos reales de tu prenda? Este caso usa datos públicos y un producto genérico. Tu producto merece los tuyos: primarios, verificables, listos para tu cliente, tu licitación o tu Pasaporte Digital. Ahí empieza el trabajo de verdad. — scalavita.com · Juan Fran Paredes

Nota metodológica. Alcance cuna a tumba con fase de uso (A1–A3 producción · A4 transporte Asia $\rightarrow$ UE · B uso: 50 lavados · C fin de vida · D crédito reportado aparte). Unidad funcional: disponer de una camiseta de ~150 g limpia durante 50 lavados. Método EF 3.1 en OpenLCA sobre base tipo ecoinvent (BAFU), alineado con PEFCR Apparel & Footwear. Cuatro bandas: algodón virgen, reciclado 30% (mezcla 70/30), reciclado 100% (ideal) y rPET. Fibra $\approx 0,1875$ kg/prenda (merma hilado ~10% + confección ~20%). Fase de uso repartida por carga de lavadora (4 kg $\rightarrow$ ~3,75%/prenda): baseline tendadero, sensibilidad secadora (+0,094 kWh/lavado, red ES). Reciclado en corte de sistema (cut-off); rPET con granza reciclada real + proxy de extrusión. Proxies declarados (tejido de calada como punto, tintura de algodón para poliéster, fin de vida de algodón para rPET). Sin factor LCA para microplásticos —declarado como límite del método. Estudio orientativo, no certificado.