

ECONOMÍA CIRCULAR

en los sectores manufactureros

¿Qué estamos haciendo
para mejorar la sostenibilidad
en la industria?



PLATAFORMA TECNOLÓGICA
SECTORES MANUFACTUREROS



La publicación es parte de la ayuda PTR2022-001392,
financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033

ECONOMÍA CIRCULAR

en los sectores manufactureros



PLATAFORMA TECNOLÓGICA
SECTORES MANUFACTUREROS



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Quedan prohibidos, dentro de los límites establecido por la Ley y bajo los apercibimientos legales previstos, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, ya sea electrónico o mecánico, el tratamiento informático, alquiler, o cualquier forma de cesión de la obra sin autorización previa por escrito de los titulares del copyright.

Todas las imágenes son propiedad de sus respectivos dueños.

©PLATECMA 2023-2024. PLATECMA se reserva todos los derechos y, en particular, los de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación, incluso parcial. Las informaciones y datos de este informe han sido debidamente verificados. No obstante, PLATECMA no acepta ninguna responsabilidad por su uso.

Índice

1. Análisis de la situación actual de los sectores manufactureros	5
1.1. SECTOR CERÁMICO	5
1.2. SECTOR CALZADO	5
1.3. SECTOR METAL	6
1.4. SECTOR MUEBLE/MADERA	7
1.5. SECTOR JUGUETE	8
1.6. SECTOR TEXTIL	8
2. Análisis de estrategias circulares en el diseño de los productos y en los modelos de negocio aplicados a cada sector	10
2.1. SECTOR CERÁMICO	10
2.2. SECTOR CALZADO	11
2.3. SECTOR METAL	12
2.4. SECTOR MUEBLE/MADERA	14
2.5. SECTOR JUGUETE	15
2.6. SECTOR TEXTIL	16
3. Demostradores existentes	18
3.1. Implantados en empresa	18
3.1.1. SECTOR CERÁMICO	18
3.1.2. SECTOR CALZADO	19
3.1.3. SECTOR METAL	20
3.1.4. SECTOR MUEBLE/MADERA	21
3.1.5. SECTOR JUGUETE	22
3.1.6. SECTOR TEXTIL	24
3.2. Estudios de viabilidad	25
3.2.1. SECTOR CERÁMICO	25
3.2.2. SECTOR CALZADO	29
3.2.3. SECTOR METAL	31
3.2.4. SECTOR MUEBLE/MADERA	34
3.2.5. SECTOR JUGUETE	36
3.2.6. SECTOR TEXTIL	41
3.3. Plan de acción y hoja de ruta: estrategias a corto, medio y largo plazo	43
3.3.1. SECTOR CERÁMICO	43
3.3.2. SECTOR CALZADO	43
3.3.3. SECTOR METAL	44
3.3.4. SECTOR MUEBLE/MADERA	44
3.3.5. SECTOR JUGUETE	45
3.3.6. SECTOR TEXTIL	46
4. Sinergias entre sectores	47
4.1. Demostrador Circular Industry - CV	47
4.2. CIRCULAR INDUSTRY 2.0	49

1. Análisis de la situación actual de los sectores manufactureros

1.1. SECTOR CERÁMICO

El sector de la fabricación de azulejos y pavimentos cerámicos es uno de los sectores clave de la economía e industria española. Una de sus principales características es su alta concentración geográfica en la provincia de Castellón. Concretamente, la industria cerámica se aglutina en las comarcas de la Plana Alta, la Plana Baixa y l'Alcalatén. Así, aproximadamente el 97% de la producción nacional tiene su origen en esta provincia, donde se ubican el 83% de las empresas del sector, por lo que recibe la denominación de Clúster Cerámico. Este clúster cerámico está constituido por los fabricantes de maquinaria, de fritas y esmaltes y de azulejos y pavimentos cerámicos.

Por su parte, los fabricantes de pavimentos y revestimientos cerámicos representan el subsector cerámico con mayor importancia económica en Europa. A escala nacional, este subsector es intensivo en exportaciones, con tres cuartas partes de su producción destinadas a más de 180 países. Además, según los últimos informes de la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER), la producción del clúster español es equivalente al 41,3% de la producción industrial de la provincia de Castellón, mientras que, en ocupación, el clúster equivale al 46,3% del empleo industrial.

Según las cifras sectoriales, en el año 2022 la facturación total fue de 5.538 Millones €, lo que supuso un aumento del 16,2% respecto al año anterior y, a su vez, equivale al 2,4% PIB industrial de España (2021). Se trata, pues, de un sector muy dinámico y comprometido por adoptar mejoras tecnológicas e innovadoras en sus procesos productivos, para así optimizar el comportamiento ambiental a lo largo del ciclo de vida de sus productos.

La industria de baldosas cerámicas es intensiva en recursos, tanto en materias primas (aproximadamente 10 millones de toneladas anuales), agua (aproximadamente 12 millones de metros cúbicos anuales), así como en energía, fundamentalmente gas natural (13.400 GWh/año). A este respecto, en sus procesos productivos, las empresas tienen implementadas las Mejoras Técnicas Disponibles, y tienen como objetivos primordiales alcanzar una descarbonización completa para el año 2050, implementar numerosas medidas para optimizar los consumos de agua y materias primas, así como reducir la generación de residuos y emisiones.

1.2. SECTOR CALZADO

La industria del calzado no es simplemente fabricar zapatos, es también una forma de expresar estilo y comodidad ya que cada par cuenta con una historia única de diseño y dedicación; por tanto, se puede concluir que el sector del calzado es una industria que combina artesanía con tecnología. Además, este sector exhibe una significativa importancia a nivel nacional, contribuyendo de manera sustancial al entramado económico y cultural del país, ya que no sólo representa una fuente considerable de

empleo, sino que también desempeña un papel crucial en la proyección de la imagen y la identidad de nuestro país en el ámbito internacional.

La producción industrial del sector de fabricación de calzado en España se concentra principalmente en la Comunidad Valenciana, concretamente en la provincia de Alicante y, en particular, las ciudades de Elche y Elda. Otras comunidades autónomas con una fuerte presencia de esta industria incluyen La Rioja, Castilla la Mancha, Murcia y Cataluña, con ciudades como Igualada, donde se encuentran fabricas especializadas en la fabricación de calzado de calidad.

La producción de calzado a nivel nacional en el año 2022 presentó cifras significativas que alcanzaron los 82,9 millones de pares de zapatos lo que generó un volumen de negocio de 1.836 millones de euros, y representó un aumento del 11,7% respecto al año anterior. Estos datos de producción, a su vez, se ven respaldados por la participación de 2.975 fabricantes con más de 41.000 trabajadores, incluyendo el sector curtidos. Así mismo, se debe tener en cuenta, que el calzado español se exporta a todo el mundo y, según los datos sectoriales, las exportaciones ese año alcanzaron los millones de euros, lo que supuso un aumento del 22% respecto al año anterior, siendo los principales destinos de exportación Francia (22,7%), Italia (14,2%), Portugal (12,1%), Alemania (8,5%) Estados Unidos (6,5%) y Reino Unido (3,5%).

El calzado nacional se caracteriza por su calidad, diseño, precio competitivo y, además, por adaptarse a las nuevas tendencias del mercado, apostando por la innovación y la sostenibilidad. Así, en el marco de la economía circular, el sector del calzado busca mejorar su eficiencia en el uso de recursos y minimizar la generación de residuos a través del reciclado de las mermas de producción (recortes de piel o restos de caucho), la reutilización de materiales y el diseño de productos más duraderos y reparables. Todo esto unido a una mejora de la eficiencia energética y a un consumo responsable, conforma la estrategia de sostenibilidad de este sector.

1.3. SECTOR METAL

El sector del metal se caracteriza por englobar un conjunto de actividades muy diverso; automoción, carpintería metálica, fabricación de maquinaria, tratamientos superficiales, fabricantes de luminarias, industria auxiliar metálica, arte en metal..., entre otras, y además incluye diferentes subsectores industriales cuyo nexo es la transformación de materiales metálicos en sus procesos productivos. Por tanto, las actividades económicas que abarca este sector van desde la metalurgia y la fabricación de elementos metálicos a la fundición de metales, el recubrimiento de materiales y la fabricación de herramienta y maquinaria.

A excepción de un conjunto reducido de productos/materiales tradicionalmente característicos de la actividad de transformación metálica (lámparas, herraje decorativo o joyería), este sector se ha establecido principalmente en torno a la industria auxiliar, a través de mecanismos de subcontratación, donde predominan los procesos de producción (preparación, fabricación y acabado) frente al desarrollo del producto.

Pese a que se trata de un sector transversal, con presencia en todos los segmentos de actividad y en todos los territorios, a diferencia de otros sectores como la cerámica, el

calzado o el juguete, no presenta una elevada concentración geográfica en nuestro país. En cuanto a la actividad productiva, mayoritariamente está formado por microempresas (de 10 y 15 trabajadores) y pymes, siendo en 2021 el número total de trabajadores en este sector de 765.500, lo que representa un aumento del 0,57% respecto al año anterior, y a su vez, supone una aportación al PIB nacional del 6%. Por otro lado, en lo referente al comercio exterior, Cataluña lidera el ranking de exportaciones mientras que Madrid el de las importaciones.

En el contexto de la economía circular, hay que destacar que, las actividades relacionadas con el reciclado de materias primas se han realizado desde los inicios. Las empresas auxiliares sin producto propio buscan estrategias orientadas a la optimización de procesos, mientras que las empresas con producto propio están más enfocadas en aplicar estrategias de ecodiseño para mejorar la circularidad de sus productos.

1.4. SECTOR MUEBLE/MADERA

El sector del mueble y la madera es un sector tradicional que se caracteriza además de por su gran complejidad, por estar constituido por numerosos subsectores que presentan grandes diferencias entre sí, y por empresas que al mismo tiempo desarrollan actividades pertenecientes a diferentes ámbitos de la cadena de valor. El punto común para todos ellos es la materia prima que utilizan de forma mayoritaria: la madera, materia prima natural y renovable utilizada a gran escala.

La fabricación de mobiliario centra su actividad a nivel nacional en Andalucía con un mayor número de empresas asalariadas (19,2%), seguida de Cataluña (14,5%), Comunidad Valenciana (13,0%), Comunidad de Madrid (9,1%), Castilla La Mancha (7,8%) y la Región de Murcia (7,4%); siendo un total de 6580 empresas las fabricantes de muebles a nivel nacional (según DIRCE).

Considerando los sectores de la madera y el mueble en conjunto, a nivel nacional en 2021 el número de empleos ascendió a 121.025 personas, es decir un 5,1% del total de la industria española mientras que el de las empresas fue 20.779 lo que supuso un 10,7% del total. Sin embargo, en el año 2022, la producción de mobiliario alcanzó un total de 4.690 millones de euros (excluyendo la producción de colchones y mobiliario para comercios), de modo que teniendo en cuenta el volumen de negocio desarrollado por cada comunidad, la Comunidad Valenciana se situó en un 18,1 % del total sectorial, seguida de Cataluña con un 14,8%, Andalucía con un 12,2,% y Madrid con un 10,9%; concentrando estas cuatro comunidades el 56% del volumen total de negocios según datos del Instituto Nacional de Estadística.

Por otro lado, el empleo en este sector se sitúa en los 65.183 trabajadores afiliados en la seguridad social a fecha de 31 de diciembre de 2022, siendo esta cifra dos décimas porcentuales menor que la del ejercicio anterior. No obstante, las exportaciones en 2022 crecieron un 14,9% respecto a 2021 hasta alcanzar los 2.575 millones de euros, siendo el mercado europeo el principal destino de las exportaciones españolas con un 72% del valor total, seguido de Estados Unidos y Marruecos. En cuanto a los mercados en expansión,

destacan las exportaciones a destinos fuera de la Unión Europea como son Panamá, India, Qatar, Chile y México.

En lo relativo a estrategias de economía circular se debe asegurar la procedencia de fuentes naturales, optimización de materiales, recuperación y reutilización del producto y/o sus componentes, uso de energías renovables en producción y la prolongación de la vida útil del producto.

1.5. SECTOR JUGUETE

El sector del juguete es un sector con cierta estacionalidad, ya que registra el 75% de sus ventas en la campaña de navidad, y que depende de las variaciones en las tendencias de mercado. Es un sector que se encuentra en constante evolución, ya que debe de responder a las últimas tendencias de demanda, anticipándose a ellas e incorporando nuevas tecnologías, tanto en los métodos de fabricación como en los propios productos, centrando sus esfuerzos en la sostenibilidad y la implementación de la industria 4.0.

Actualmente el sector del juguete en España, pese a contar con empresas repartidas por todo el territorio peninsular, se concentra mayoritariamente en Cataluña y la Comunidad Valenciana, siendo esta última de donde procede el 95% de la producción total. En este sentido, en la Comunidad Valenciana se concentran aproximadamente 100 empresas dedicadas a la fabricación de juguetes de las 270 existentes en la península, alcanzando una facturación de 644.977.373 euros lo que supone aproximadamente el 40% de la facturación total del sector.

A pesar de que el sector del juguete supone tan solo un 2 % del PIB nacional, es una industria en crecimiento, habiendo recuperado niveles anteriores a la pandemia en 2022 y con un crecimiento de un 3% en 2023 debido en gran medida a las exportaciones. El principal mercado de exportación se sitúa en la Unión Europea con un 86,19% de las exportaciones totales, seguido de América un 4,96%, Asia un 3,28%, y África 1,30%.

El sector del juguete también contribuye a la economía circular y sigue las tendencias en sostenibilidad, que busca alternativas al empleo de plásticos empleando cartón, madera o plásticos biodegradables y reutilizando materiales de otros sectores. Además, trata de lograr procesos eficientes para prolongar la vida útil de los juguetes y métodos de embalaje más sostenibles, tratando también de reutilizar o reciclar componentes de los juguetes al final de su vida útil para reducir la producción de residuos, promoviendo la eficiencia en el uso de recursos.

1.6. SECTOR TEXTIL

El sector textil es una industria muy diversificada, ya que incluye la confección de ropa, textiles para el hogar y tejidos técnicos. Se caracteriza por equilibrar la tradición con la innovación, mostrando un fuerte compromiso con la sostenibilidad y por ser un sector claramente orientado a la exportación. Pese a enfrentar a grandes desafíos como

la competencia global, la adaptación a nuevas tecnologías y las fluctuaciones en los costes de materias primas, el sector ha identificado oportunidades en la digitalización, la personalización de productos y la expansión a nuevos mercados internacionales.

El sector del textil y la moda en España se encuentra liderado por la Comunidad Valenciana seguido de Cataluña mientras que las comunidades de Galicia y Andalucía ocupan el tercer y cuarto puesto seguidas de Madrid y Castilla-La Mancha. Concretamente en la Comunidad Valenciana, se observa mayor concentración geográfica en la provincia de Alicante y algunas áreas de Valencia formando un clúster integrado por empresas familiares y grandes corporaciones internacionales, lo cual resulta clave en la creación de sinergias entre empresas fomentando la innovación y el desarrollo tecnológico.

La producción del sector textil en la Comunidad Valenciana se valora en 1.706 millones de euros, lo que representa un 34% de la industria regional, con cifras de exportación que alcanzaron los 1.087 millones de euros en 2022, lo que supuso un 6% más con respecto al año anterior, siendo Portugal, Francia, Italia, Alemania y Marruecos los principales destinos de productos mundialmente conocidos por su alta calidad y diseño innovador.

A pesar de los desafíos globales y las fluctuaciones en el mercado, el sector textil español, en general, muestra una buena capacidad de adaptación y crecimiento, con una tendencia hacia la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, así como hacia digitalización. En este sentido, las empresas han adoptado prácticas ecológicas como el uso de materiales reciclados o la optimización de procesos de producción con el objeto de reducir el impacto ambiental.

2. Análisis de estrategias circulares en el diseño de los productos y en los modelos de negocio aplicados a cada sector

2.1. SECTOR CERÁMICO

Aunque hace años el concepto de economía circular no se utilizaba como tal, la realidad es que desde el ITC-AICE y desde las propias empresas fabricantes de baldosas cerámicas, se han implementado numerosas medidas y acciones alineadas con el enfoque que actualmente conforma lo que se conoce como Economía Circular.

En estudios sectoriales de análisis de ciclo de vida de las baldosas cerámicas, se evidencia que la etapa de producto (extracción, transporte de materias primas y fabricación) es la que mayor impacto ambiental genera, debido a la extracción de materias primas minerales y al consumo de gas natural. No obstante, se compensa con una serie de ventajas ambientales que la posiciona en un lugar muy ventajoso, desde el punto de vista ambiental, respecto a productos competidores. Algunas de estas ventajas son:

- Capacidad de contener, en su composición, material reciclado de diversa procedencia
- Larga vida útil
- Fácil mantenimiento
- Reciclabilidad
- Carácter inerte del producto una vez finalizada su vida útil

Además de estas características intrínsecas a la naturaleza cerámica, las empresas fabricantes y afines tratan de implementar diversas estrategias a lo largo de ciclo de vida de las baldosas cerámicas para contribuir a la economía circular. A continuación, se detallan las estrategias adoptadas en cada etapa del ciclo de vida:

a) Materias primas y fabricación

- Recuperación de calor
- Recuperación de residuos propios del proceso
- Introducción de residuos de otros procesos, pre y post consumo
- Vertido cero: introducción de las aguas residuales en el propio proceso productivo
- Diseño de producto
- Industria 4.0. y producción Lean

Desde hace más de cuatro décadas, las empresas del sector cerámico, a nivel individual, recirculan los residuos sin cocer que generan y recuperan parte del calor residual internamente. Además, los proveedores de gránulos de atomizado reciclan las aguas y lodos residuales, así como los residuos de piezas cocidas y sin cocer de las empresas fabricantes de baldosas. Por otro lado, se comienza a poner el foco en el diseño del producto, fabricando piezas con un espesor reducido, lo que conlleva un menor consumo de materias primas, energía, así como menores emisiones. Conjuntamente, desde el 2010, se

busca introducir recursos externos a la cadena de valor, con su consiguiente complejidad, así como optimizar los procesos mediante la industria 4.0 y la producción Lean.

b) Construcción

Durante la etapa de construcción, se prestan servicios adicionales para minimizar las pérdidas y asegurar una correcta colocación del producto. Algunas medidas de este tipo pueden ser los servicios de dimensionado y corte, los sistemas de anclaje, las guías de instalación, la biblioteca BIM de productos cerámicos o asesoramiento técnico relacionado con especificación de productos, diseño y servicio de asistencia técnica en obra.

c) Uso y mantenimiento

Uno de los aspectos más positivos de la cerámica es su durabilidad (idéntica a la de los edificios) y su sencillo mantenimiento. Estos aspectos se refuerzan de diversas maneras como, por ejemplo, mediante diseños neutros y atemporales, más combinables, que eviten cambios tempranos debidos a cuestiones meramente estéticas, o a través de los sistemas de colocación en seco, que permiten sustituir piezas e incluso su posterior reutilización. Se trata de sistemas generalmente destinados a oficinas, paredes, fachadas y suelos técnicos que, aunque suelen suponer costes más elevados, conllevan un ahorro de tiempo en la colocación.

d) Fin de vida

Una vez llegado el momento de la renovación, la baldosa cerámica puede tener diferentes usos. Mayoritariamente, los residuos de baldosas se utilizan como material de relleno, junto con otros residuos de construcción y demolición, como por ejemplo en la fabricación de hormigón, reduciendo así el consumo de áridos. Aunque la reutilización no es una práctica habitual en la actualidad, podría ser una realidad si continúan las innovaciones de producto que le confieren, cada vez más, un valor añadido más alto.

2.2. SECTOR CALZADO

Las estrategias circulares en el diseño del calzado son aquellas que buscan reducir su impacto medioambiental a lo largo de su ciclo de vida. Estas estrategias se basan en los principios de la economía circular, que busca reducir, reutilizar y reciclar materiales y productos. A continuación, se desglosan cada una de las estrategias utilizadas durante el ciclo de vida del producto:

a) Materiales/producción

En esta etapa resulta clave realizar una adecuada selección de los materiales, apostando por aquellos que son sostenibles, es decir, que tienen menor impacto ambiental que los materiales tradicionales. Entre los principales ejemplos de materiales sostenibles para el calzado destacan: nuevas curticiones que utilizan productos químicos menos contaminantes, pero mantienen la durabilidad y confort del cuero; empleo de algodón orgánico certificado

cultivado sin el uso de pesticidas ni fertilizantes sintéticos. Por otro lado, también deben destacarse estrategias avanzadas como la introducción de materiales reciclados o biodegradables, siempre y cuando no comprometan la durabilidad del producto, el confort o su reciclabilidad.

b) Uso y mantenimiento

Un diseño duradero es fundamental para reducir la necesidad de comprar nuevo calzado, alargando el uso de los productos durante más tiempo. Algunos ejemplos de diseños duraderos incluyen zapatos con suelas resistentes y materiales de alta calidad, o bien zapatos diseñados expresamente para usos específicos, maximizando la vida del producto y la seguridad en el uso.

c) Fin de vida

Nuevamente, aspectos como la reparabilidad o la reciclabilidad, resultan esenciales para alargar la vida útil del calzado, minimizando el impacto que esto supone. En este sentido, los zapatos que ya no se usan pueden ser reciclados evitando la generación de residuos y obteniendo materiales reciclados que pueden utilizarse en la fabricación de nuevos componentes para el calzado o en la fabricación de otros productos de otros sectores industriales buscando sinergias entre sectores industriales. Para mejorar estos procesos es necesario implementar principios de ecodiseño, facilitando la separación de componentes y teniendo en cuenta la compatibilidad entre ellos, así como la presencia de determinadas sustancias químicas.

2.3.SECTOR METAL

La principal ventaja que presenta este sector es que los metales pueden utilizarse un número ilimitado de veces sin perder sus propiedades. Los principales metales utilizados en los productos metálicos son el hierro, el aluminio y en menor proporción el cobre; siendo difícil que un producto esté formado por un único metal, ya que suelen tener multitud de componentes.

Cada año se reciclan alrededor de 400 millones de toneladas de metal en todo el mundo; por lo que se puede concluir que alrededor del 70-75% del acero, aluminio y cobre, producidos históricamente en el mundo, se encuentran actualmente en uso.

Normalmente los metales se encuentran formando parte de carcasas, cables o motores, con lo que son fáciles de separar del producto original. Para aumentar el porcentaje de recuperación, en primer lugar, se debe separar la parte metálica de la no metálica (plásticos y otros materiales), para a continuación, proceder a recuperar los metales por fundición (recuperación de metales mayoritarios en composición) o por vía química (recuperación de los metales que se encuentran en menor proporción como metales preciosos o metales no férricos).

Además, de la reciclabilidad de los metales, las empresas que componen este sector tratan de implementar y abordar una serie de estrategias a lo largo del ciclo de vida

de sus productos para contribuir a la economía circular, siendo necesario clasificar las empresas en función de sus productos.

▪ ***Empresas sin producto propio (empresas de trabajos a terceros)***

Abordan estrategias desde la fase de producción, dónde las indicaciones proceden del propio cliente. Normalmente se opta por la utilización de fuentes de energía renovables o implementación de tecnologías eficientes y mejores técnicas disponibles (MTD) en el proceso productivo. Tienden a minimizar el consumo de recursos como agua o disolventes, además de emplear materias primas secundarias en el conformado por fundición empleando chatarra, piezas defectuosas o lingotes de metales secundarios.

▪ ***Empresas con producto que no consume energía / combustibles / consumibles***

Los productos que se engloban en estas empresas son estructuras, herrajes, señalética o mobiliario. Los principales impactos medio ambientales se encuentran en las etapas de producción, uso y mantenimiento y fin de vida del producto.

a) Fase de producción

Tratan de optimizar el producto reduciendo el número de piezas, integrando funciones, reduciendo la cantidad de materiales y minimizando la variedad de materias primas utilizadas, así como empleando materiales reciclados o reduciendo el contenido de sustancias peligrosas.

b) Uso y mantenimiento

Aunque este tipo de productos requieren de poco mantenimiento, las empresas tratan de generar diseños neutros y atemporales que eviten su sustitución prematura, así como optar por acabados que faciliten su limpieza.

c) Fin de vida

Resulta esencial que el material sea fácilmente desmontable, para así poder valorizar las piezas metálicas que suelen ser las de mayor valor del producto. Si el producto no se puede separar por componentes, el metal se puede aprovechar mediante trituración del producto y una separación física posterior, ya sea por diferencia de densidad o por diferencia de comportamiento magnético, ambas opciones fáciles y bastante habituales en este sector.

▪ ***Empresas con producto que consume energía / combustibles / consumibles***

En estas empresas se pueden encontrar gran variedad de productos como vehículos, máquinas, luminarias, etc. Considerando una empresa que abarque el proceso productivo de forma completa, surgen las siguientes estrategias en cada etapa del ciclo de vida:

a) Materiales/producción

Se emplean estrategias similares a las empleadas por empresas de las dos categorías anteriormente descritas.

b) Uso y mantenimiento

Estos productos suelen tener una larga vida útil, por lo que se suelen concebir con diseños robustos, neutros, atemporales y que, en ocasiones, incorporan aspectos ergonómicos. Las superficies suelen ser simples y fáciles de limpiar, para aumentar la duración del producto y facilitar su mantenimiento. Además, los productos se suelen diseñar para que tengan consumos reducidos en energía, combustibles u otros consumibles.

En productos con partes móviles se debe minimizar su desgaste y ofrecer piezas de recambio, además, se apuesta por el empleo de diseños modulares ya que permiten desempeñar más de una función.

c) Fin de vida

En este sentido, el principal requisito es que los distintos componentes sean separables, surgiendo dificultades cuando las piezas están soldadas entre sí o por la presencia de sustancias peligrosas o materiales incompatibles. Cuando la separación por componentes no es posible, el metal mayoritario y de mayor valor, puede recuperarse mediante trituración del producto, seguido de un proceso de separación por densidad o magnetismo.

Finalmente, cabe mencionar que la separación de las piezas para su posterior reutilización, aunque es posible, no es una práctica habitual en el sector.

2.4. SECTOR MUEBLE/MADERA

El sector del mueble tiene un alto potencial para efectuar una transición hacia un modelo circular. Los nuevos hábitos de consumo y las tendencias de mercado muestran que hay una creciente motivación para avanzar hacia una Economía Circular teniendo en cuenta la optimización de los productos y procesos, tanto a escala sectorial como empresarial.

Aunque los impactos ambientales asociados al ciclo de vida del mueble pueden variar de una empresa a otra dependiendo del tipo de mueble, las materias primas utilizadas o la distribución del producto, la mayor parte de los impactos están asociados al proceso de fabricación. Por tanto, las principales estrategias se basan en la optimización de materiales, recuperación y reutilización, uso de energías renovables, prolongación de la vida útil y análisis y gestión del final de vida del producto. A continuación, se desarrollan las principales estrategias adoptadas en cada etapa del ciclo de vida del mueble:

a) Materiales/producción

El origen o procedencia de los materiales empleados debe ser de fuentes sostenibles (certificación de la cadena de custodia de materiales forestales), y/o poseer un contenido en material reciclado. Además, es primordial utilizar materiales de alta calidad para alargar la vida útil del producto. El producto final (mueble) debe estar diseñado para el desmontaje/remontaje, la reutilización y la remanufactura.

b) Uso y mantenimiento

Estos productos suelen tener una vida útil larga por lo que se conciben con diseños robustos, neutros y atemporales. Además, en los productos que tienen que interactuar con los usuarios, la ergonomía es un factor clave. En el caso de muebles o partes de muebles que sufran mucho desgaste (tapicerías y similares, ruedas, bisagras entre otros) se debe potenciar los procesos de reparación del producto consiguiendo alargar su vida útil, siendo necesario aumentar la información sobre cómo mantener y reparar los muebles, así como sobre la disponibilidad de recambios.

Actualmente, está aumentando la demanda de muebles de segunda mano, con lo que se alarga su vida útil y se mantienen los materiales durante más tiempo en uso. Por otro lado, el empleo de muebles modulares permite su extensión o actualización sin necesidad de comprar un nuevo producto.

c) Fin de vida

Un buen diseño debe asegurar que el mueble sea fácilmente desmontable en sus piezas originales, para así aumentar la posibilidad de su recuperación o reutilización, tanto de las piezas, como de los materiales que las componen.

2.5. SECTOR JUGUETE

El sector del juguete es un sector muy transversal debido a la diversidad, tanto de las materias primas procesadas, como de los procesos industriales involucrados. Así, se emplean materias primas tan diferentes como plásticos, metales, textiles o papel/cartón, y diversas técnicas como la transformación plástica (inyección, extrusión, rotomoldeo o soplado), la transformación metálica (inyección, extrusión, conformado o mecanizado), técnicas propias de las artes gráficas como la flexografía y tratamientos superficiales como el pintado o el galvanizado.

La industria del juguete trata de aplicar estrategias circulares, en cada una de las etapas del ciclo de vida del juguete persiguiendo alcanzar un uso más eficiente de los recursos, aumentar la vida útil del producto y minimizando el volumen de residuos generado.

a) Materiales/producción

Teniendo en cuenta que más del 70% de los materiales empleados en la fabricación de juguetes son plásticos y debido a la elevada presión social vinculada a su empleo, las estrategias están enfocadas en introducir materiales alternativos más sostenibles y de menor impacto medioambiental (papel y cartón), el empleo de plásticos biodegradables o compostables que permitan reducir el impacto ambiental y en la incorporación de materiales procedentes del fin de vida de productos de otras industrias (electrodomésticos o neumáticos) con el fin de crear una simbiosis industrial entre sectores.

De forma complementaria, también se buscan estrategias para optimizar los distintos procesos de fabricación, haciéndolos más eficientes, tanto en el uso de energía como en

el de materiales (empleo de inyectoras eléctricas de bajo consumo y con una generación nula de residuos peligrosos de aceites hidráulicos).

b) Uso y mantenimiento

El juguete es un artículo que ha sido diseñado con el fin de prolongar su vida útil, heredándose de unas generaciones a otras, o cediéndolo a terceros para su uso continuado. En este sentido, el diseño del juguete tiene un papel fundamental que garantice su reparabilidad.

Por otra parte, el packaging o embalaje constituye una parte intrínseca y fundamental en la tipología de este producto, no sólo como elemento de transporte y manipulación, sino como herramienta de venta y marketing. Por ello, se buscan estrategias centradas en este elemento, para minimizar la cantidad de los materiales presentes como para alargar su vida útil (por ejemplo, las cajas de cartón de muñecas pueden usarse como muebles recortables; mesas, camas...)

c) Fin de vida

A pesar de que el juguete se diseña con vistas a tener una vida útil larga, también debe concebirse de forma que, una vez concluida esta vida, sus componentes puedan ser reutilizados o reciclados, logrando con esto una máxima eficiencia en el uso de recursos y una mínima generación de residuos.

2.6.SECTOR TEXTIL

El sector textil representa una combinación entre tradición y modernidad, por lo que debe adaptarse a las nuevas demandas de sostenibilidad y economía circular para minimizar el impacto medioambiental del sector y mejorar su responsabilidad social y reputación en el mercado internacional. A continuación, se detalla cómo este sector está abordando estas iniciativas a lo largo de diferentes fases de su ciclo de vida.

a) Materiales/producción

Como consecuencia de la presión ejercida por el consumidor y la mala prensa del movimiento fast fashion, el sector textil y de la moda ha puesto en valor el desarrollo de productos sostenibles apostando por el empleo de materias primas recuperadas. En sus inicios, el sector textil tradicional empleaba algodón regenerado y mezclas con otras materias primas como el poliéster, sin embargo, actualmente está apostando y potenciando el empleo de materias primas recuperadas en procesos de hilatura open-end y de fabricación de no tejidos para diversos usos (geotextiles, construcción, automoción...), aunque el reciclaje de materiales textiles se centra, preferentemente, en el empleo de técnicas de reciclado mecánico.

b) Uso y mantenimiento

En la actualidad la industria textil se ha ido focalizando, de forma progresiva, en el

diseño de prendas duraderas y atemporales, con el fin de prolongar su vida útil y disminuir la frecuencia de reemplazo, promoviendo activamente el cuidado adecuado de las prendas y el desarrollo de programas de reparación y mantenimiento para extender su durabilidad. Las empresas están apostando por la incorporación de los conceptos de ecodiseño de productos para reducir el impacto medioambiental asociado a la fabricación de productos textiles y facilitar su reciclaje tras su vida útil. El desarrollo de productos monocomposición o la reducción de insertos o elementos no textiles en el producto final, son algunas de las estrategias consideradas en este sentido.

c) Fin de vida

Una de las iniciativas más significativas en esta fase es la implementación de sistemas de recogida y reciclaje de textiles usados buscando transformar los residuos textiles en nuevos materiales o productos, promoviendo un enfoque más circular y reduciendo el desperdicio en los vertederos. Además, el sector textil está apostando por el desarrollo de modelos de economía circular intersectoriales en el marco de la simbiosis industrial, dónde ciertos residuos textiles están siendo evaluados como materias primas secundarias en otros sectores y, de igual forma, residuos de otros sectores están siendo valorizados como materias primas secundarias por parte de la industria textil.

3. Demostradores existentes

3.1. Implantados en empresa

3.1.1. SECTOR CERÁMICO

Reutilización de los lodos procedentes del proceso de esmaltado de empresas de baldosas cerámicas en la preparación de polvo de atomizado

▪ **Motivación y objetivos**

Con el objetivo de conseguir una reducción en el impacto medioambiental en el uso de materias primas vírgenes y teniendo en cuenta, por un lado, que el sector cerámico consigue utilizar el 100% de los residuos de arcilla antes de ser cocida y los numerosos esfuerzos empleados para recuperar gran parte del tiesto cocido surge el siguiente proceso de simbiosis industrial.

La reutilización de los lodos procedentes del proceso de esmaltado (fangos de esmaltado) en la preparación de soportes cerámicos es uno de los procesos de simbiosis industrial más extendido y conocido entre las empresas del sector cerámico. Este proceso de simbiosis industrial surgió por necesidades técnicas y legales, y se desarrolló, en un principio, mediante acuerdos puntuales entre las empresas del sector cerámico, debido al importante ahorro económicos que suponía.

En 2022, estas acciones puntuales se formalizaron mediante la firma de un acuerdo de colaboración entre la patronal ASCER y la Generalitat Valenciana, tal y como se recoge en la Guía de Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) para el sector de fabricación de baldosas cerámicas en la Comunitat Valenciana¹.

▪ **Resultados**

El proceso de reutilización de lodos procedentes del proceso de esmaltado es el que se describe en la Figura 1. Las empresas fabricantes de polvo de atomizado (atomizadores) reciben de las empresas fabricantes de baldosas cerámicas los lodos de la sección de esmaltes, así como restos de material residual generado antes de la etapa de cocción (tiesto crudo roto) que incorporan al proceso de fabricación de polvo cerámico para la preparación del soporte, también conocido como polvo de atomizado.

¹ <https://mediambient.gva.es/documents/20549779/161524223/Gu%C3%ADa+MTD++Cer%C3%A1mica.pdf/90e72864-40b9-4ad9-bb68-cab8456bd882?t=1422545450667>.

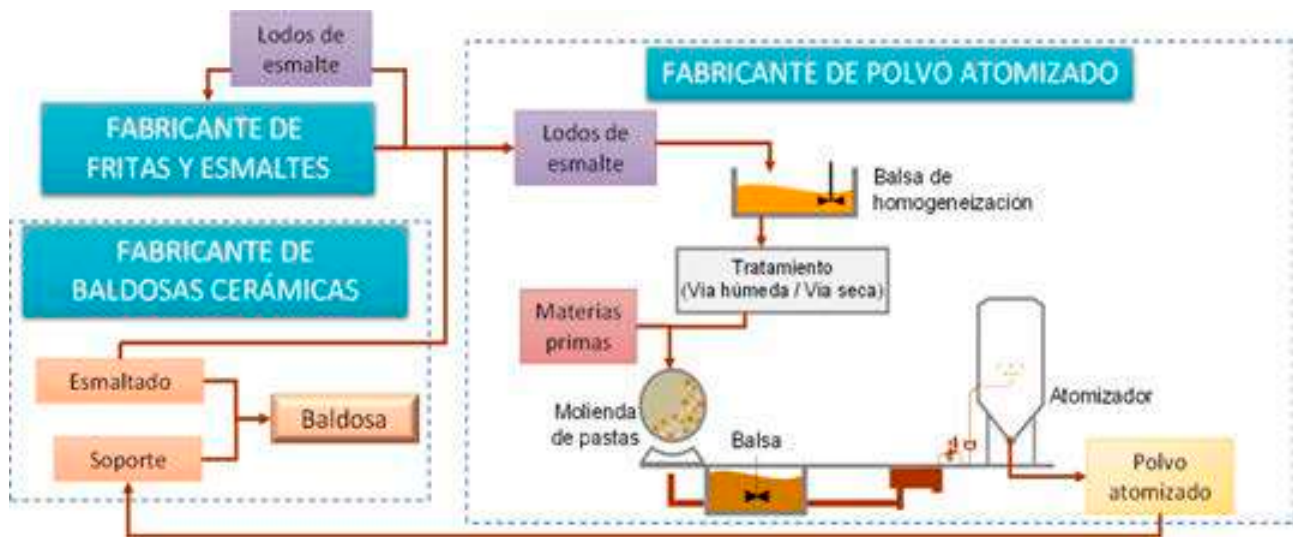


Figura 1. Reutilización de lodos procedentes del proceso de esmaltado en la preparación de soportes cerámicos.

En el año 2021 el sector cerámico español, concentrado principalmente en la provincia de Castellón, fabricó 584.000.000 m² de baldosas de pavimento y revestimiento cerámico a partir de 321.200 toneladas de tiesto crudo (residuos previos de la etapa de cocción) que se reciclaron en su totalidad y 29.200 toneladas de fangos de esmaltado reciclados casi toda su totalidad (más del 90%) según el proceso descrito en la Figura 1².

Finalmente, cabe destacar que, en algunos casos, las empresas atomizadoras disponen de acuerdos con las empresas fabricantes de fritas y esmaltes, y al igual que reciben los fangos de esmaltes también reciben las aguas de enfriamiento de las fritas.

3.1.2. SECTOR CALZADO

Obtención de colágeno

▪ Motivación y objetivos

La empresa española INCUSA se embarca en el desarrollo de un proceso innovador con el propósito de mejorar la sostenibilidad del cuero y su cadena de valor. Este proceso consiste, concretamente, en la transformación de residuos de carnaza y recortes de piel sin curtir en colágeno. La motivación principal de esta iniciativa es abordar el problema ambiental. El objetivo fundamental es proporcionar una alternativa más sostenible, obteniendo colágeno de manera eficiente a partir de residuos de origen cárnico.

² Datos internos de ITC.

▪ Resultados

El proceso de INCUSA, basado en la hidrólisis enzimática de los residuos de carnaza y recortes de piel sin curtir, logra extraer un colágeno que conserva las mismas propiedades esenciales (fortaleza, elasticidad y buena capacidad de retención de agua) que el colágeno tradicional.

Como resultado concreto de este proceso, las fundas de salchichas elaboradas con el colágeno de INCUSA representan una alternativa sostenible a las fundas de plástico convencionales. Estas fundas son biodegradables y compostables, abordando así el problema medioambiental asociado con las fundas de plástico que pueden tardar cientos de años en descomponerse. Además, destacan por su seguridad al carecer de productos químicos tóxicos.

La colaboración estratégica entre INCUSA e INESCOP se presenta como un logro significativo en la convergencia entre la industria y la investigación. Este proyecto no sólo demuestra la posibilidad de reutilizar residuos que de otro modo serían desperdiciados, sino que también contribuye a la creación de un producto sostenible y seguro, marcando así un hito importante en la sostenibilidad de la industria alimentaria.

3.1.3. SECTOR METAL

Desarrollo de nueva gama de pistolas aerográficas optimizadas para ser producidas por tecnologías de fabricación aditiva (proyecto AEREA)

▪ Motivación y objetivos

Mediante las tecnologías tradicionales de mecanizado por arranque de viruta sólo se pueden realizar formas de geometría limitadas, lo que también limita el diseño final de las piezas fabricadas. Con la aparición de nuevas tecnologías, como las tecnologías de fabricación aditiva, se pueden superar estos inconvenientes y abrir nuevas oportunidades a optimizar el diseño de los productos permitiendo obtener productos funcionales con mucho menor peso.

Así, el marco del proyecto AEREA, financiado por IVACE (actuación INNOVAPROD 2018) y realizado con la colaboración conjunta de AIDIMME Y VALVER AIR SPEED S.L., tiene por objetivo el desarrollo de un modelo de pistola aerográfica automática, optimizando su diseño inicial para que puedan ser fabricadas mediante tecnologías de fabricación aditiva.

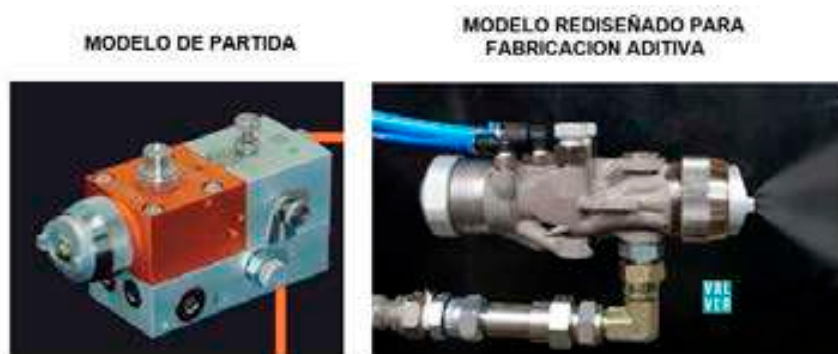


Figura 2. Rediseño del modelo de pistola aerográfica para su producción mediante fabricación aditiva.

▪ **Resultados**

Aplicando técnicas de ecodiseño, mediante fabricación aditiva se consiguió reducir de forma significativa la masa del producto, ahorrando tanto en materias primas como en energía, obteniendo de este modo un producto más sostenible. Además, a nivel funcional, se han mejorado los sistemas aerográficos, ya que, con la tecnología de fabricación aditiva, se ha podido generar canales internos a medida y de geometría controlada, pudiendo redirigir los flujos y optimizar los canales de conducción para evitar pérdidas de carga.

En cuanto a las características técnicas del producto, además de optimizar sus dimensiones (reducción en volumen del 78,7% respecto al modelo de aluminio y un 80-85 % respecto al modelo de acero inoxidable) y el peso total de las pistolas (reducción en un 65%), se ha mejorado su manipulación y movimiento anclado a un brazo robot, reduciendo la inercia del producto final. Por otro lado, la conducción interna de fluidos, tanto de aire a presión como de otros productos se ha optimizado ya que la fabricación aditiva ha permitido modelar los conductos internos sin restricciones eliminando posibles caídas de presión y mejorando el comportamiento de los fluidos.

3.1.4. SECTOR MUEBLE/MADERA

Tejidos creados a partir de botellas de plástico (PET)

▪ **Motivación y objetivos**

Los envases de polietileno tereftalato, también conocidos como PET, son un tipo de plástico comúnmente utilizados en envases y botellas de gaseosa, agua y aceite entre otros debido a su resistencia y transparencia, además de ser 100% reciclables. Este tipo de envases PET han ido desplazando progresivamente a las botellas de vidrio debido a sus propiedades, aunque la mayoría de los productos fabricados con PET son de un solo uso y se desechan rápidamente. Sin embargo, a pesar de su corta vida útil, las botellas de PET pueden ser recuperadas y recicladas para obtener nuevos productos. A este respecto, la asociación de Recicladores de Plásticos Europeos estima que 4,6 millones de toneladas de embalaje rígido llegaron a su fin de vida útil en el año 2020.

El proceso de reciclaje de envases PET se inicia con la adecuada selección de las botellas, un proceso mecánico y relativamente sencillo. En primer lugar, las botellas se clasifican por color, retirando los tapones/tapas y etiquetas para su posterior trituración. Las partículas de PET obtenidas por trituración se transforman en fibra corta de poliéster mediante procesos de fusión y extrusión que finalmente se pueden utilizar para fabricar alfombras, telas para cortinas y tapicerías, ropa de cama, lonas, carpas, etc.

La empresa Heineken España, junto con RIPAY, han trabajado con el objetivo de que sus sillas, mesas y parasoles sean 100% reciclables y estén hechos al 100% con material reciclado. Por ello entre sus acciones han incluido la fabricación de parasoles ecológicos, utilizando el 100% del poliéster necesario a partir de las botellas de plástico recicladas.

▪ Resultados

Mediante el reciclaje de residuos de botellas de PET se obtienen varios beneficios entre los que se encuentran:

- La reducción/eliminación de los residuos de envases PET reciclados.
- Obtención de nuevas materias primas (fibras cortas de poliéster) para la creación de nuevos productos textiles a partir de PET reciclado.

Tal y como se muestra en la Figura 3, se ha podido fabricar sombrillas recicladas para su uso en hostelería con tejidos reciclados obtenidos de las fibras cortas de poliéster procedentes de botellas PET recicladas.



Figura 3. Sombrilla fabricada con botellas PET (izquierda) e imagen del tejido de la sombrilla (derecha).

Más información: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/fichas-bpec-i-web_def_tcm30-525010.pdf

3.1.5. SECTOR JUGUETE

Desarrollo de materiales fungibles ecosostenibles para el vibrado de piezas metálicas no férreas

▪ Motivación y objetivos

Con el fin de hacer más sostenible uno de los procesos más habituales en la producción de herrajes y juguetes metálicos, como es el proceso de inyección y pulido de artículos de zámak (aleación metálica no férrea) se propuso valorizar los lodos obtenidos del proceso de vibrado considerados peligrosos y actualmente depositados en vertederos de seguridad.

La empresa RUIZHER desarrolló e implementó un proceso para fabricar moletas, es decir, materiales fungibles utilizados en los procesos de pulido de piezas de zámak inyectado, más sostenible a partir de la valorización de residuos generados en el proceso de vibrado (Figura 4).

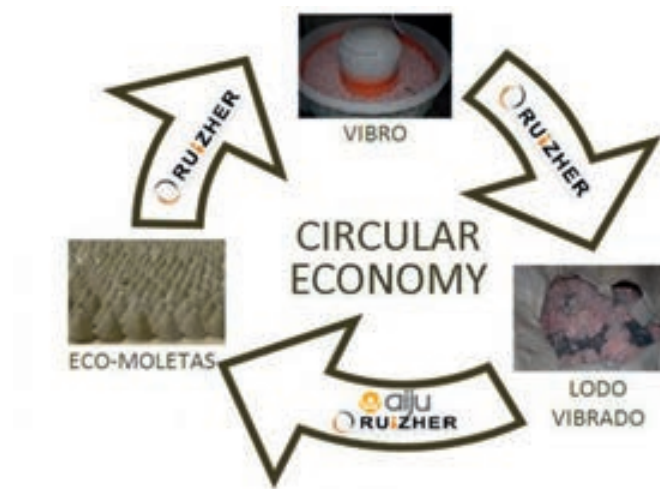


Figura 4. Valorización de lodos de vibrado convirtiéndolos en eco-moquetas

Resultados

Esta propuesta, desarrollada e implementada en la actualidad, sigue las pautas marcadas por la Estrategia Española de Economía Circular, con el soporte legal de la Directiva 2008/98/CE y la Ley 22/2011 de residuos (ahora derogada y mejorada por la Ley 7/2022).

De esta manera, y según el marco legislativo en materia de residuos antes mencionado, fue posible valorizar los lodos de vibrado, un residuo considerado como peligroso y que actualmente se deposita en vertederos de seguridad.

Así, la empresa RUIZHER fue capaz de formular y desarrollar materiales fungibles utilizados en los procesos de pulido de piezas de zámak inyectado (eco-moquetas), más sostenibles a partir de la valorización de residuos generados en el proceso de vibrado, consiguiendo cerrar el ciclo (Figura 5). En algunos casos las eco-moquetas fabricadas a partir de lodos reciclados exhibían propiedades superiores a las de las moquetas comerciales

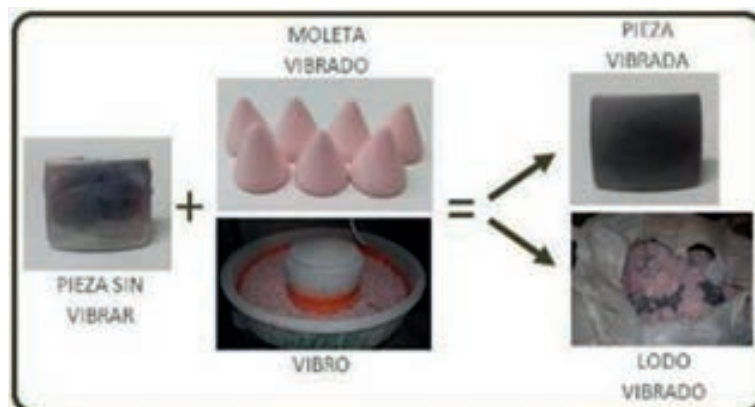


Figura 5. Proceso de vibrado de piezas de zámak.

3.1.6. SECTOR TEXTIL

Economía circular aplicada a residuos textiles de naturaleza termoplástica (proyecto MELTEX)

▪ **Motivación y objetivos**

Los esfuerzos para convertir materiales, considerados residuos actualmente, en materias primas con un nuevo valor añadido son crecientes a nivel mundial y en cualquier ámbito. La Unión Europea produce cada año unos 8 millones de toneladas de residuos textiles, de los cuales sólo un 20% se recicla actualmente mientras que el resto termina en vertederos o simplemente se incinera. Teniendo en cuenta el marco actual, el proyecto MELTEX llevado a cabo por las empresas COTOBLAU Y AUPA HOGAR, surge para desarrollar materiales reciclados a partir de residuos textiles de naturaleza termoplástica que pudieran ser reintroducidos en la cadena de valor de la propia industria textil. Por tanto, se pretende:

- Devolver los materiales de desecho a la cadena de valor para la obtención de nuevos elementos textiles.
- Destinar dichos materiales a procesos de fabricación de componentes auxiliares para la industria textil.

Con todo esto, el proyecto se centra en adquirir las capacidades necesarias para la revalorización de residuos termoplásticos textiles, de manera que los nuevos materiales altamente sostenibles obtenidos puedan ser utilizados nuevamente en la industria textil.

▪ **Resultados**

El proyecto MELTEX contempla dos posibles vías de actuación paralelas para la revalorización de residuos termoplásticos textiles:

Estudiar el proceso de revalorización de residuos textiles de naturaleza termoplástica en el proceso de regranulado (triturado + extrusión).

Profundiza en la revalorización de residuos textiles de naturaleza termoplástica en el proceso de formulación de materiales de caucho y otros elastómeros.

El mayor reto asociado a este proyecto es la obtención de materiales reciclados por medios puramente mecánicos, garantizando que sus propiedades físico-mecánicas sean las adecuadas para que su utilización en nuevos procesos productivos sea factible. Los diferentes procesos evaluados en el proyecto han permitido obtener granzas recicladas a partir de residuos textiles termoplásticos mediante reciclado mecánico, potencialmente utilizables para la fabricación de nuevos hilos mediante procesos de hilatura por fusión, así como para la fabricación de piezas por inyección de plástico. Además, se han efectuado pruebas de concepto de aplicabilidad de estas granzas recicladas en procesos de extrusión de film (casting y soplado) y extrusión de perfilería. Finalmente, se han obtenido mezclas de caucho, incorporando material reciclado, a partir de residuos textiles de origen termoplástico, efectuándose con éxito la prueba de concepto de aplicabilidad pertinente (Figura 6).



Figura 6. Residuos textiles de naturaleza termoplástica (izquierda); ejemplos de nuevos productos obtenidos a partir de residuos textiles termoplásticos (derecha).

3.2. ESTUDIOS DE VIABILIDAD

3.2.1. SECTOR CERÁMICO

a) Proyecto SHAREBOX. Desarrollo de una plataforma de gestión de recursos compartidos (2015–2019)

▪ Motivación y Objetivo

La simbiosis industrial constituye una estrategia fundamental para el despliegue de la economía circular. Sin embargo, a pesar de que en España existían procesos de simbiosis industrial, generados de forma espontánea y respondiendo a necesidades concretas, no se disponía de iniciativas específicas que fomentaran la implementación de estos procesos, lo cual motivó el proyecto.

El Proyecto Europeo SHAREBOX, se centró en el desarrollo de una herramienta para la gestión flexible de los recursos compartidos entre empresas, así como en la identificación de nuevas sinergias. Concretamente, se diseñó una herramienta basada en las funcionalidades del programa comercial SynerGie®, que automatizaba el proceso de identificación de sinergias.

▪ Resultados

Parte de los resultados del trabajo realizado se recogen en el artículo de Capelleveen et al.³, en el cual se indican los algoritmos desarrollados. Así, mediante el uso de técnicas de data mining y de razonamiento lógico, la herramienta era capaz de realizar recomendaciones de uso de determinados residuos como materia prima secundaria en otros procesos. Además, el procedimiento se replicó en otro tipo de recursos, más allá de los residuos, tales como capacidades, logística, agua o energía, con el fin de establecer una red activa de intercambio de recursos. Teniendo en cuenta que la confidencialidad representa una barrera para el establecimiento de estos procesos, se explotaron los datos de entrada y de salida de diferentes bases de datos. Las principales sinergias detectadas en el clúster cerámico de Castellón se representan de forma esquemática en la Figura 7^{4, 5, 6}.

³ Van Capelleveen, G., Amrit, C., Yazan, D. M., & Zijm, H. (2018). The influence of knowledge in the design of a recommender system to facilitate industrial symbiosis markets. *Environmental modelling & software*, 110, 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.04.004>.

⁴ E. Bou, M. Vicent, S. Gomar, I. Celades. La simbiosis industrial en el sector de fabricación de baldosas cerámicas. Estado actual y posibles nuevas sinergias. CONAMA 2016.

⁵ M. Vicent, I. Celades, S. Gomar, E. Bou. Establecimiento de acciones para impulsar la simbiosis industrial en el sector cerámico. QUALICER 2018.

⁶ M. Vicent. Simbiosis Industrial en el Sector Cerámico: ¿una realidad? CircLean, Open Innovation Workshop 2022.



Figura 7. Procesos de simbiosis industrial detectados en el sector cerámico.

▪ **Financiación y página web**

El Proyecto SHAREBOX – “Developing a secure management platform for shared process resources” recibió financiación del programa Marco Horizonte 2020 de la Comunidad Europea para la Investigación y la Innovación (2014-2020) conforme al acuerdo de subvención nº: 6808043. Para obtener más información acerca del proyecto SHAREBOX, puede consultar su página web: <https://sharebox-project.eu/>.

b) **Proyecto LIFE HYPOBRICK. Hacia una economía hipocarbónica: Desarrollo de materiales de construcción sin cocción a partir de residuos (2019-2023).**

▪ **Motivación y objetivos**

El proyecto europeo LIFE HYPOBRICK constituye un caso de innovación en la hoja de ruta hacia la economía circular y la acción contra el cambio climático. Concretamente, este proyecto ha estudiado la viabilidad técnica, económica, ambiental y social de un nuevo proceso de fabricación de ladrillos por activación alcalina, que sustituye la tradicional etapa de cocción a alta temperatura (800-1200 °C) por una etapa de curado a una temperatura considerablemente inferior ($T < 100$ °C). Además, en este proceso de fabricación se emplean residuos en lugar de materias primas vírgenes, por lo que, además de disminuir las emisiones atmosféricas de CO₂ asociadas al proceso de cocción, se evita la explotación de recursos naturales y la acumulación de residuos en vertederos.

▪ **Resultados**

En este proyecto se ha trabajado en dos casos de estudio, uno español y otro alemán. En el caso de estudio español se construyó un prototipo a medida en las instalaciones de Ladrillos MORA, S.L. en Illescas, Toledo (Figura 8), a partir de ladrillos obtenidos por activación alcalina y con prestaciones similares a los convencionales. A partir de los

ladrillos fabricados por activación alcalina se ha demostrado que es posible fabricar materiales de construcción por este proceso alternativo y además partiendo de residuos industriales. Además, en el proyecto se han cuantificado las emisiones de CO₂ de este proceso alternativo, obteniéndose una reducción de un 70% respecto a las emisiones cuantificadas por el método de fabricación tradicional.



Figura 8. Muro fabricado con ladrillos sostenibles e instalado en Ladrillos Mora, Illescas (Toledo).

▪ **Financiación y página web**

El proyecto LIFE HYPOBRICK - "Towards hypocarbonic economy .Development of non-fired building materials based on wastes" ha estado financiado por la Comisión Europea a través del Programa LIFE (Ref: LIFE18 CCM/ES/001114). A nivel regional, también cuenta con el apoyo del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) de la Generalitat Valenciana (GVA). Para obtener más información acerca del proyecto Life Hypobrick, puede consultar su página web: www.lifehypobrick.eu.

c) **Proyecto LIFE EGSHELLENCE. Simbiosis industrial entre el sector ovoproductor y el sector cerámico**

▪ **Motivación y objetivos**

En España se generan alrededor de 16.000 toneladas de cáscaras de huevo cuyo destino son los vertederos (Figura 9) que a menudo producen malos olores que suscitan quejas o denuncias. Los costes asociados al transporte de estos residuos a los vertederos para su depósito oscilan entre 25 y 200 € por tonelada. Las cáscaras de huevo están compuestas mayoritariamente por carbonato cálcico (95%), carbonato de magnesio (1%), fosfato de calcio (1%) y agua. Por lo tanto, una vez separada la membrana, pueden convertirse en una fuente alternativa de carbonato cálcico.

En concordancia con los principios de la Economía Circular, el objetivo del proyecto LIFE EGSHELLENCE es demostrar la viabilidad técnica del uso del bio-carbonato cálcico obtenido a partir de la cáscara de huevo como materia prima secundaria en la fabricación de azulejos, ya que estos contienen entre el 10 y el 15 % en peso de carbonato cálcico.



Figura 9. Contenedor con cáscara de huevo

▪ Resultados

Se ha construido un equipo que separa la membrana de la cáscara (Figura 10), obteniendo bio-carbonato cálcico que se ha introducido en composiciones de azulejo en sustitución parcial del carbonato cálcico mineral. Estas composiciones se han preparado inicialmente a escala de laboratorio, posteriormente a escala piloto y finalmente se han realizado pruebas industriales.

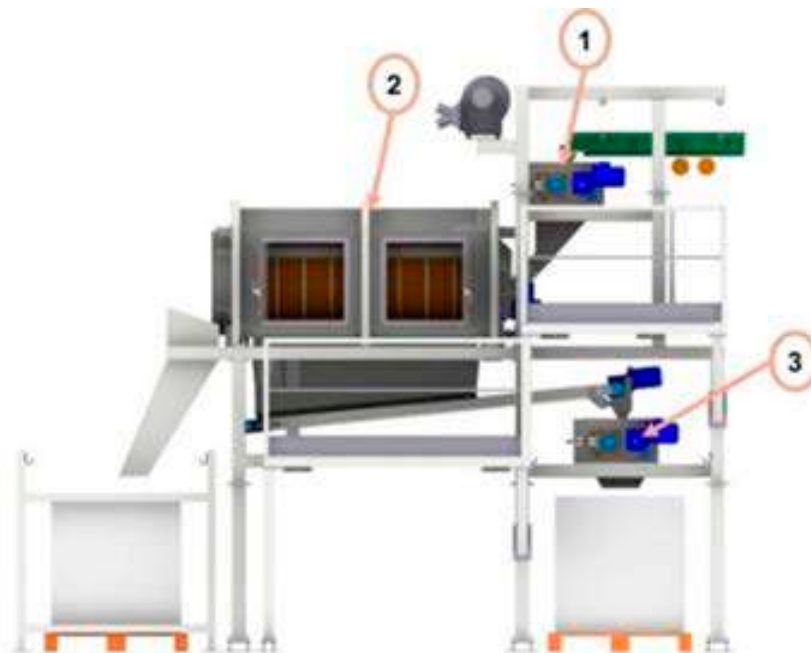


Figura 10. Esquema del prototipo construido para la separación de la membrana

En las pruebas industriales se han fabricado aproximadamente 4000 m² de baldosas de azulejo (Figura 11), sin observarse cambios en el tamaño y en las propiedades de las baldosas, ni defectos en la superficie vidriada. Los resultados obtenidos permiten concluir que resulta técnicamente viable introducir hasta un 5% de bio-carbonato cálcico en sustitución parcial del carbonato cálcico mineral en este tipo de composiciones.



Figura 11. Baldosa de azulejo obtenida industrialmente con la composición con un 5% de bio-carbonato

Financiación y página web

Este proyecto está financiado por el Programa LIFE 2014-2020 de Medio Ambiente y Acción por el Clima de la Unión Europea con referencia LIFE19 ENV/ES/000121 y co-financiado por el IVACE. Para obtener más información acerca del proyecto Life Eggshellence, puede consultar su página web: <http://www.lifeeggshellence.eu>.

3.2.2. SECTOR CALZADO

a) Proyecto MICROTAN

Motivación y objetivos

El proyecto Life microTAN surge en la necesidad de abordar los desafíos ambientales vinculados a los residuos de piel sin curtir en la industria del cuero. A partir del 65% los residuos sólidos provenientes de una tenería (lugar donde se trabaja la piel de varios tipos de animales para hacerla útil) surge la motivación de encontrar una solución sostenible para la gestión de estos desechos. Aunque estos desechos no son considerados peligrosos, su naturaleza orgánica presenta importantes desafíos durante su transporte y manipulación, de modo que en este contexto se plantea el proyecto microTAN.

El objetivo central de Life microTAN es la valorización efectiva de los residuos de piel sin curtir, buscando transformar estos residuos en subproductos de alto valor añadido. La obtención de gelatina a partir de la piel sin curtir, rica en colágeno, se establece como el enfoque principal. Este proceso no solo contribuiría a reducir significativamente los residuos sólidos, sino que también generaría gelatina con propiedades aptas para ser agentes naturales de microencapsulación de sustancias.



Figura 12. Proceso de obtención de gelatina a partir de pieles sin recurtir.

▪ **Resultados**

Se espera que Life microTAN logre resultados tangibles en términos de valorización de residuos, ya que como enfoque principal se pretende la obtención de gelatina a partir de la piel sin curtir, rica en colágeno. Además, este proceso no solo contribuiría a reducir significativamente los residuos sólidos, sino que también generaría gelatina con propiedades aptas para ser agentes naturales de microencapsulación de sustancias.

La gelatina obtenida no solo representa una forma eficaz de reciclar los desechos, sino que también presenta aplicaciones prácticas en la microencapsulación de sustancias. Este enfoque innovador no solo contribuirá a la sostenibilidad ambiental al reducir la cantidad de residuos, sino que también generará productos con potencial valor económico.

▪ **Financiación y página web**

Este proyecto está financiado por el Programa LIFE12 ENV/ES/000568 de la Comisión Europea. Para obtener más información acerca del proyecto Life microTAN, puede consultar su página web: <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE12-ENV-ES-000568/recovery-of-tannery-wastes-for-functional-microencapsulated-products>

a) **Proyecto RECURPIEL**

▪ **Motivación y objetivos**

El proyecto Recurpiel, liderado por INESCOP y finalizado en 2019, encuentra su motivación en la necesidad de abordar la gestión de residuos de piel acabada generados por la industria del calzado. Estos residuos, en forma de recortes y despunte, constituyen una considerable carga ambiental al ser mayormente destinados a vertederos.

Por tanto, el objetivo principal del proyecto era desarrollar un proceso eficiente y respetuoso con el medio ambiente para valorizar los residuos de piel acabada y obtener como materia prima secundaria colágeno hidrolizado que podrá ser empleado como recurtiente en el proceso de curtido de pieles.

▪ **Resultados**

Mediante este proyecto se consiguió desarrollar un proceso innovador que permitió obtener colágeno hidrolizado de los residuos de piel acabada. Además, este proceso no sólo contribuye a reducir la cantidad de residuos procedentes de la industria del calzado, sino que también presenta beneficios adicionales, ya que una mayor eficiencia del proceso se traduce en una disminución del consumo de energía y agua, consolidando así un enfoque respetuoso con el medio ambiente.



Figura 13. Esquema de la economía circular y simbiosis industrial creada con el proyecto.

▪ **Consortio/Financiación y página web**

Este proyecto está financiado por el Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020, con número de expediente IMDEEA/2018/19. Para más información del proyecto puede consultar su página web: <https://www.inescop.es/es/inescop/actividad/proyectos-i-d-i/proyectos-i-d-i-ivace/ivace/41-2018/204-recurpiel>

a) **Proyecto DEX-LINKING II Recuperación en continuo de EVA reticulado como materia prima renovable**

▪ **Motivación y objetivos**

La motivación detrás del proyecto DEX-LINKING II, liderado por INESCOP y respaldado por la financiación del IVACE y los Fondos FEDER, radica en los desafíos actuales en el acceso a materias primas vírgenes, especialmente polímeros como el EVA. La escasez y el aumento de los precios, combinados con las demandas de la nueva normativa ambiental, hacen imperativo explorar nuevas vías de producción en la industria del calzado.

El proyecto tiene como objetivo mejorar el reciclaje mecano-químico de los residuos de EVA, de modo que se propone el desarrollo de un proceso de desreticulación en continuo que supere las limitaciones del reciclaje mecánico actual. Por tanto, la meta de DEX-LINKING II es convertir los residuos en materias primas secundarias mediante un proceso eficiente y respetuoso con el medio ambiente siendo la descarbonización de la industria y la mejora de la competitividad los objetivos clave.

▪ **Resultados**

Este proyecto se centra en el desarrollo, optimización y escalado de un nuevo proceso de desreticulación de EVA expandido en un proceso de fabricación en continuo, dónde el objetivo final es obtener un polímero reciclado con propiedades muy similares a las del polímero virgen. Este enfoque innovador permitirá sustituir parcial o totalmente materias primas vírgenes en la fabricación de nuevos productos, contribuyendo a la descarbonización de la industria y a la optimización de recursos.

▪ **Consortio/Financiación y página web**

El proyecto DEX-LINKING II cuenta con el respaldo financiero de IVACE y los Fondos FEDER, destacando la colaboración público-privada en la búsqueda de soluciones sostenibles. Para más información, consultar la página web: <https://www.inescop.es/es/inescop/actividad/proyectos-i-d-i/proyectos-i-d-i-ivace/ivace/56-2023/692-dex-linking-ii>

3.2.3. SECTOR METAL

a) **Rediseño de tiradores de muebles de baño**

▪ **Motivación y objetivos**

Los tiradores para la apertura de muebles ofrecen una combinación de estética y funcionalidad, siendo una opción ideal para personalizar muebles. Los tiradores metálicos

son muy versátiles ya que se pueden adaptar a cualquier tipo de mobiliario y pueden tener infinidad de acabados tanto en metal como en pintura. La introducción de iniciativas de Economía Circular en estos productos promueve el uso sostenible de los recursos y optimiza su utilización, recuperación y el reciclado de materiales.

El objetivo de este proyecto ha consistido en el rediseño de los tiradores de baño, basándonos en estrategias ambientales de 3 objetos con la misma función. Al ser un producto que no consume energía durante su uso, la etapa de producción concentra el 99% de los impactos ambientales. Por este motivo, para aumentar la circularidad del producto hay que centrarse en la etapa productiva.

▪ Resultados

A través de un proceso de ecodiseño, se ha conseguido mejorar ambientalmente tres tiradores de muebles de baño (Figura 14), obteniendo impactos ambientales reducidos basados en la reducción de masa y volumen. Esto además permitió mejorar otros efectos ambientales asociados a su envasado y distribución.

Las mejoras ambientales obtenidas han consistido en:

- Utilización de metal reciclado
- Reducción del peso de la pieza mediante vaciado interior y reducción de longitudes no útiles de la pieza
- Reducción del volumen de la pieza
- Aplicación de principios de eficiencia energética en los procesos
- Optimización de la logística en el transporte de piezas y/o componentes
- Aumentar la facilidad de montaje/desmontaje

Como consecuencia de estas modificaciones se obtienen objetos de idéntica función, pero con aspectos ambientales mejorados y con un gran potencial de aplicación de Economía Circular.



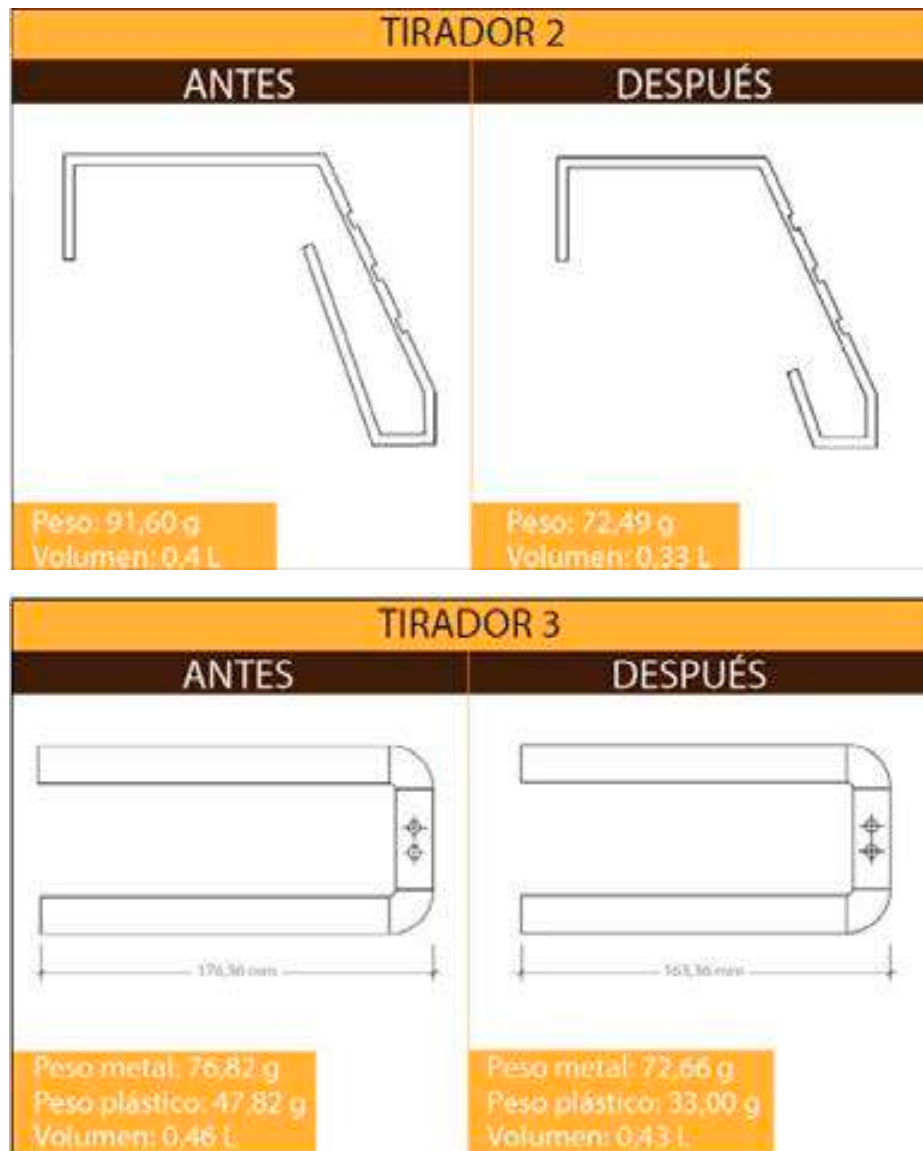


Figura 14. Diferentes tiradores de muebles de baño mejorados ambientalmente mediante procesos de ecodiseño.

▪ Consorcio/Financiación

El proyecto “Aplicación del análisis del ciclo de vida a productos del sector metalmeccánico”, con número de expediente IMPCDA/2007/12, cuenta con el respaldo financiero de IMPIVA y los Fondos FEDER, en el marco del desarrollo e innovación empresarial.

3.2.4. SECTOR MUEBLE/MADERA

a) Proyecto WOODRUB – Uso de residuos de madera y caucho para fabricación de productos compuestos alternativos

▪ Motivación y objetivos

En el mundo se generan anualmente 4 millones de toneladas de residuos de neumáticos y 30 millones de toneladas de residuos de madera (Figura 15). Teniendo en cuenta un sistema de economía circular y simbiosis industrial, se pretende aumentar la eficiencia en el uso de los recursos, a través de la utilización de los residuos de neumáticos y madera y fabricar nuevos productos de alto valor añadido basados en composites mixtos (madera y caucho). Estos nuevos productos compuestos constituyen una alternativa para la sustitución de otros productos tradicionales y menos eficientes en el sector de la construcción.



Figura 15. Residuos de neumáticos y madera.

Con esto, el objetivo de este proyecto es producir un material mixto (Figura 16) desarrollado a partir de residuos de neumáticos y madera, apto para el sector de construcción, con propiedades de amortiguación de impactos y absorción acústica



Figura 16. Material compuesto obtenido en el proyecto.

▪ **Resultados**

Los nuevos productos fabricados a partir de los residuos pueden ser utilizados para generar tableros compuestos de partículas con una amplia variedad de usos:

- Paneles absorbentes de ruidos (Figura 17 (a))
- Plataformas de trabajo antideslizante y antivibraciones
- Baldosas amortiguadoras de caídas para parques infantiles y jardines (Figura 17 (b))
- Fabricación de mobiliario urbano como papeleras
- Refuerzo en la fabricación de ladrillos de yeso

a)



b)



Figura 17. (a) Barreras acústicas fabricadas a partir del material compuesto del proyecto. (b) Baldosas amortiguadoras fabricadas a partir del material compuesto del proyecto.

▪ **Consortio/Financiación y página web**

El proyecto WOODRUB- Utilisation of recovered wood and rubber for alternative composite products” ha estado financiado por la Comisión Europea a través del Programa LIFE (Ref: LIFE09+ENV/ES/454). Para más información del proyecto, consultar la página web: <http://www.woodrub.com/>

3.2.5. SECTOR JUGUETE

a) **Proyecto EcoMARSI. Desarrollo de productos de consumo sostenibles: Economía circular, MARcado ambiental y Simbiosis Industrial en sectores trectores de la Comunidad Valenciana**

▪ **Motivación y objetivos**

La principal problemática abordada con esta iniciativa fue la de optimizar mediante simbiosis industrial, el uso de los recursos empleados en los procesos productivos industriales de tres sectores claramente diferenciados. Los tres sectores entre los que se ha creado sinergia en este proyecto son el sector del juguete a partir del producto infantil y de ocio (AIJU), el sector metalmecánico (AIDIMME) y el cerámico (ITC).

Por tanto, el objetivo principal del proyecto ha sido obtener productos de consumo sostenibles (demostradores), aplicando los conceptos de economía circular y de simbiosis industrial entre tres sectores trectores de la Comunidad Valenciana como son el producto infantil y ocio (juguete), el metalmecánico y el cerámico.

▪ **Resultados**

Los resultados obtenidos se han logrado a partir de los siguientes indicadores específicos:

- Identificar y caracterizar los diferentes residuos de cada sector, con alto potencial de valorización de metales (Zn y Cu).
- Definir y establecer la mejor tecnología para la valorización.
- Definir los requisitos de partida de las materias primas secundarias para cada producto de consumo a desarrollar.
- Obtener las materias primas secundarias (Cu y Zn).
- Desarrollar ad-hoc membranas cerámicas basadas en materiales arcillosos.
- Obtener bienes de consumo de cada uno de los sectores involucrados.
- Identificar herramientas de marketing ambiental aplicables a bienes de consumo.
- Establecer los requisitos de una ecoetiqueta para los bienes de consumo desarrollados.

▪ **Financiación y web**

El proyecto ha sido financiado por el programa IVACE más concretamente el Programa de Cooperación Empresas 2021-2022. Si desea consultar más información sobre el proyecto puede consultar su página web: <https://www.aiju.es/proyectos/productos-de-consumo-sostenible/>

PAQUETES DE TRABAJO

PT1. COORDINACIÓN Y GESTIÓN
Tarea 1.1. Actividades para la coordinación y gestión del proyecto.

PT2. CARACTERIZACIÓN DE CORRIENTES Y DEFINICIÓN DE TECNOLOGÍAS
Tarea 2.1. Identificación y caracterización corrientes y flujos.
Tarea 2.2. Establecimiento tecnologías de valorización aplicadas.
Tarea 2.3. Requisitos de los diferentes procesos tecnológicos según particularidades del conjunto.

PT3. OBTENCIÓN DE SUBPRODUCTOS
Tarea 3.1. Obtención materias primas secundarias del Zn.
Tarea 3.2. Obtención materias primas secundarias del Cu.
Tarea 3.3. Obtención materiales cerámicos aditivos.

PT4. DESARROLLO DE BIENES DE CONSUMO
Tarea 4.1. Bienes de consumo sector ocio infantil y juvenil según.
Tarea 4.2. Bienes de consumo sector terapéuticos.
Tarea 4.3. Bienes de consumo sector cosmético.

PT5. MARCADO AMBIENTAL DE PRODUCTO
Tarea 5.1. Definición marcas ambientales aplicables.

PT6. TRANSFERENCIA Y PROMOCIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN
Tarea 6.1. Transferencia de resultados.

PT7. DIFUSIÓN
Tarea 7.1. Difusión del proyecto y sus resultados.



Coordinador:
aijv
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Enrique Añó
enriqueano@aijv.es



Partners:
AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

Francisco Bosch
fbosch@aidimme.es



Partners:
itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO

Mª Magdalena Lorente
magda.lorente@itc.es



Financiado por:








IVACE EcoMARSI

ACT1 - IMDEA-2021-14
ACTIMAR - IMDEA-2021-15
ITC - IMDEA-2021-16

IVACE EcoMARSI

Desarrollo de productos de consumo sostenibles:
economía circular, mercado ambiental y sinergia industrial
en sectores estratégicos de la Comunidad Valenciana

Figura 18. Tríptico proyecto EcoMARSI (exterior).

EcoMarsi

Residuos y aguas residuales con alto contenido en Cu

Residuos y aguas residuales con alto contenido en Zn

Recuperación de Cu

Recuperación de Zn

Membranas

Electrodeposición

Precipitación/Filtración

Electrodeposición

Precipitación/Filtración

Fundición Coluarian

Fundición Coluarian

Simbiosis Industrial

Sectores: Sector cerámico, Sector textil, Sector metal, Sector plástico

Productos: Pigmento orgánico, Pigmento plástico, Pigmento orgánico, Pigmento plástico

Figura 19. Tríptico proyecto EcoMARSI (interior).

- b) **Proyecto BIOFCASE. Biomateriales funcionales como alternativa sostenible a los bienes de consumo en la Comunidad Valenciana: sectores del juguete, el embalaje y los productos para el hogar.**

▪ **Motivación y objetivos**

La implementación de materias primas sostenibles en empresas fabricantes de productos plásticos constituye una exigencia actual en el ámbito de la Unión Europea (UE). Esto supone un importante desafío para las empresas productoras dado que la búsqueda de materiales plásticos más sostenibles y funcionales que conserven las propiedades físico-químicas requeridas supone dedicar un tiempo considerado 'no-productivo'.

AIJU lleva desde 2008 investigando en proyectos relacionados con el desarrollo de biomateriales (Figura 20). Entre los años 2021 y 2022, ha colaborado con diversas empresas del sector juguete, envase y embalaje y productos para el hogar, para el desarrollo a medida e implementación en sus productos de nuevas formulaciones bioplásticas.

Además, del sector del juguete, este proyecto surge como ejemplo de simbiosis industrial y sinergia entre diferentes sectores como son el metalmecánico (AIDIMME) y el cerámico (ITC)

▪ **Resultados**

Una vez seleccionados los demostradores y sus especificaciones, se procedió a optimizar las diferentes bioformulaciones en función de los requerimientos técnicos y funcionales

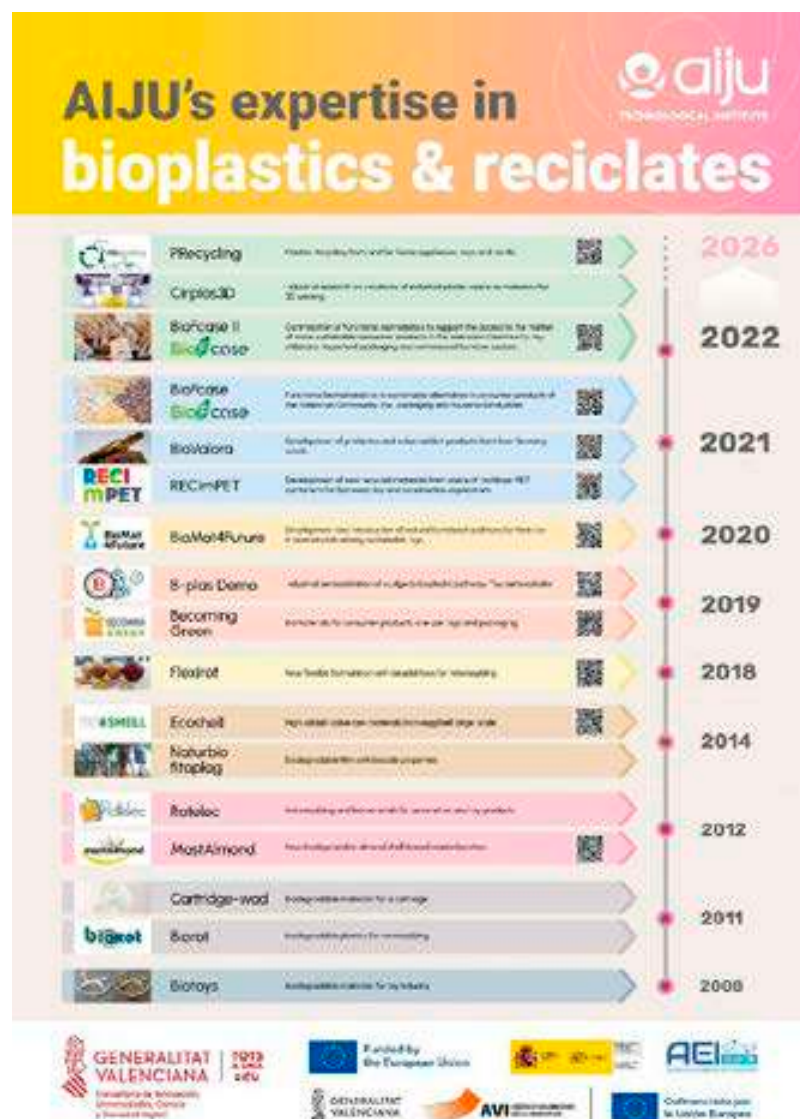


Figura 20. tríptico de AIJU con los diferentes proyectos realizados.

de las empresas y de sus productos. A partir del soporte de las diferentes empresas, se procedió a la etapa de procesado con las distintas formulaciones desarrolladas, obteniendo los demostradores seleccionados (Figura 21).

Un ejemplo destacable es que un gran número de empresas solicitaron biomateriales que pudiesen sustituir materiales petroquímicos, manteniendo las propiedades. Los materiales que se consideraron para sustituir a los materiales petroquímicos podrían ser biocompuestos, biobasados o/y biodegradables⁷ (incluidos hidrosolubles).



Figura 21. Demostradores fabricados con biocompuestos, biobasados o/y biodegradables.

En total, un total de 21 empresas han tenido a su disposición una solución llave en mano para potenciar la sostenibilidad de sus productos. Se comenzó a vislumbrar además, la tendencia en la demanda de materiales reciclados.

▪ **Financiación y web**

Financiación: GENERALITAT VALENCIANA (PROYECTOS INNOVACIÓN EN COLABORACIÓN CON EMPRESAS 2021). Página web del proyecto: <https://www.aiju.es/proyectos/biomateriales-funcionales-como-alternativa-sostenible-en-productos-de-consumo-de-la-comunitat-valenciana-sectores-juguete-envase-y-menaje-biofcase/>

c) **Desarrollo de probióticos y productos de valor añadido a partir de residuos de la fabricación de cerveza– BioValora**

▪ **Motivación y objetivos**

Un buen ejemplo de simbiosis industrial reside en el proyecto Biovalora, en el que colaboran AIJU, UPV-EPSA y BIOITHAS. Este proyecto aprovecha un residuo industrial de la industria cervecera, como es el bagazo, y establece cómo sería el proceso completo de aprovechamiento de todos sus componentes para proceder a su valorización y, de este modo, establecer toda la cadena de valor para su implementación efectiva en el mercado.

Este residuo, del cual se generan a nivel europeo más de seis millones de toneladas, es rico en proteínas y fibra alimentaria. En cambio, un 20% de estos residuos se depositan en vertederos, lo que conlleva una pérdida de un producto con alto valor añadido. Por tanto, el principal problema abordado con esta iniciativa fue la de buscar una salida al residuo (bagazo) procedente de la fabricación de la cerveza y obtener diferentes productos de alto valor añadido.

▪ Resultados

En la actualidad los probióticos se utilizan como estrategia de promoción de la salud y son altamente valorados. Teniendo en cuenta este punto de vista, si transformamos y aprovechamos los residuos procedentes de la producción de cerveza como el bagazo podremos producir elevadas proporciones de ácidos fenólicos con propiedades antioxidantes, y de arabinoxilanos con actividad prebiótica, antioxidante e inmunitaria y a partir de la levadura de cerveza residual obtener β -glucanos que disminuyen el colesterol LDL, mananos con efecto prebiótico, y una alta proporción de vitaminas hidrosolubles del complejo B;

Pero ¿Cómo pueden aprovecharse estos residuos procedentes de la producción cervecera para la obtención de complementos alimenticios? ¿y pueden utilizarse las fibras residuales de su procesado como aditivo en productos plásticos?

El proyecto BioValora generó una simbiosis industrial y sinergia entre empresas para proceder al procesado de los residuos de la fabricación de cerveza para la obtención de materiales para el sector biotecnológico (ingredientes funcionales, nutrientes, probióticos y prebióticos).

Por otro lado, las fibras resultantes del procesado de los residuos se utilizaron como carga o aditivo en la transformación mediante inyección de productos con bioplásticos. Estos desarrollos se complementaron con investigaciones junto con la Universidad de Salento para su implementación en procesos de fabricación aditiva (Figura 22).



Figura 22. Tríptico de biomateriales y reciclados llevados a cabo por AIJU.

▪ **Financiación y web**

Este proyecto ha sido financiado por el programa AVI (PROGRAMA I+D 2021-2022). Para más información, consultar la web: <https://www.aiju.es/proyectos/residuos-para-biomateriales/>

3.2.6. SECTOR TEXTIL

a) **Obtención de hilo a partir de biopolímeros y PET reciclado químicamente**

▪ **Motivación y objetivos**

En la actualidad, diferentes sectores industriales como el sector textil, embalaje, automoción, o el sector de la construcción, siguen un sistema actual de producción, distribución y operan basándose en un modelo lineal, de manera que consumen importantes cantidades de polímeros sintéticos, con lo que generan y acumulan infinidad de residuos. Debido a este modelo de economía insostenible, a finales de 2018 de los 62 millones de toneladas de polímeros producidas en Europa únicamente se recuperaron el 47% de los residuos plásticos postconsumo, dónde el 43% fueron incinerados, el 32% reciclados y el 25% depositados en vertederos.

Con el propósito de impulsar y facilitar la transición industrial, desde el modelo lineal tradicional hacia un sistema industrial basado en la economía circular, el objetivo general del proyecto es la obtención de hilo a partir de:

- Biopolímeros, tales como PHB, PBS y PLA.
- Residuos textiles de PET reciclados químicamente mediante un proceso de glicólisis.

▪ **Resultados**

A partir del sistema industrial basado en la economía circular y teniendo en cuenta ambos procesos se obtendrán fibras textiles capaces de ser transformadas en productos de alto valor añadido al final de su vida útil basadas en las siguientes estrategias (Figura 23)

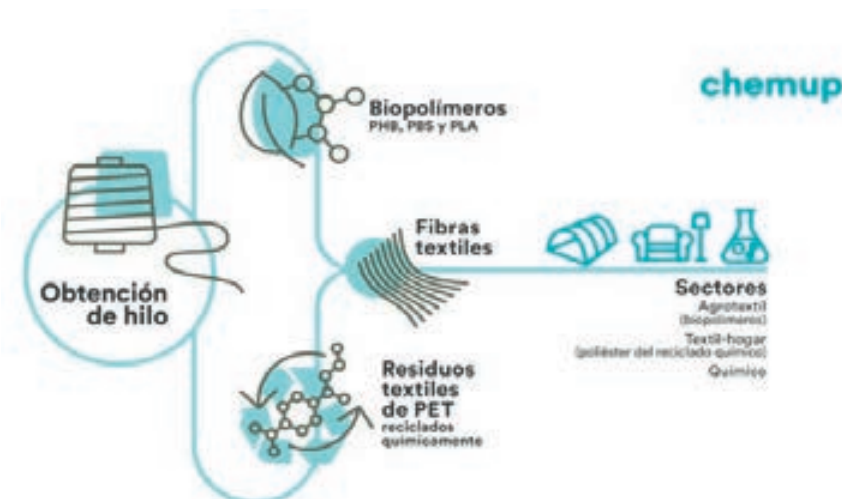


Figura 23. Proceso de economía circular propuesto para el sector textil.

□ **Estrategia 1: Uso de biopolímeros**

Sector Agrotextil

- Monofilamento de PHB, a partir de un proceso de hilatura monofilamento, con títulos comprendidos entre 90-1600 dtex y una tenacidad cercana a 2.5 g/den.
- Cinta plana de PHB, mediante un proceso de hilatura monofilamento, con un título de 3100 dtex y una tenacidad a la rotura 20 cN/dtex.

Sector Textil-Moda

- Hilos multifilamento (48 filamentos) con títulos cercanos a 180 dtex.

□ **Estrategia 2: Reciclado Químico de PET**

- Obtención, aislamiento y purificación del monómero del PET mediante un proceso de glicólisis a escala piloto.
- Obtención, aislamiento y purificación del monómero del PET mediante un proceso de glicólisis a escala piloto.
- Obtención de PET reciclado químicamente a partir de residuos textiles.
- Residuos textiles de PET reciclados químicamente mediante un proceso de glicólisis.



Figura 24. Obtención de hilo a partir de biopolímeros y PET reciclado químicamente en el sector textil.

▪ **Financiación y web**

Este proyecto ha sido financiado por el programa IVACE (IMAMCI/2021/1). Para más información, consultar la web: <https://www.aitex.es/portfolio/chemup-obtencion-de-hilo-a-partir-de-biopolimeros-y-pet-reciclado-quimicamente/>

3.3. Plan de acción y hoja de ruta: estrategias a corto, medio y largo plazo

3.3.1. SECTOR CERÁMICO

Corto plazo

- Aumentar el contenido de material reciclado interno y externo
- Reducir consumos de agua
- Fabricación de la composición por vía seca
- Reducir contenido de materias primas críticas en la decoración de las baldosas
- Empleo de materias primas locales o de proximidad

Medio plazo

- Reducción de consumo de recursos a partir de la transición hacia Industria 4.0
- Mejora de la información sobre circularidad al consumidor
- Demolición selectiva y retorno al proceso

Largo plazo

- Nuevos sistemas para alargar la vida útil de las baldosas.
- Baldosas cerámicas de baja temperatura de cocción
- Mejora de la información entre los diferentes agentes de la cadena de valor

3.3.2. SECTOR CALZADO

Corto plazo

- Desarrollar una hoja de ruta para la implementación de la sostenibilidad en el sector del calzado.
- Lanzar un programa de investigación y desarrollo para el desarrollo de nuevos materiales y procesos sostenibles.
- Implementar los sistemas de reciclaje de calzado desarrollados a escala piloto

Medio plazo

- Desarrollar y utilizar materiales sostenibles, como el cuero con curticiones alternativas al cromo, el caucho natural y el algodón orgánico o reciclado.
- Reducir el uso de materiales con presencia de sustancias químicas contaminantes
- Utilizar materiales de alta calidad.
- Ampliar los sistemas de reciclaje de zapatos.
- Desarrollar nuevas técnicas para la mejora del proceso de reciclaje y la obtención de materiales secundarios de alta calidad
- Informar y educar a los consumidores sobre la importancia del reciclaje y la reparabilidad.

Largo plazo

- Lograr que el 100% de los zapatos fabricados en el sector sean sostenibles.
- Incorporar materiales reciclados de otras industrias en la fabricación de materiales y componentes para calzado
- Tener implantados sistemas de reparabilidad y reutilización para el calzado

3.3.3. SECTOR METAL

Corto plazo

- Fomento del uso eficiente y racional de las materias primas principales y auxiliares.
- Utilización de energías renovables y sustitución de combustibles por otros menos contaminantes
- Introducción de mejores técnicas disponibles y otras innovaciones tecnológicas
- Minimización de residuos y otras corrientes residuales como vertidos o emisiones atmosféricas

Medio plazo

- Reducir la cantidad de materiales desde la fase de diseño.
- Concebir productos más duraderos
- Diseñar productos fácilmente reparables y reciclables.
- Posibilidad de actualizar el producto.
- Colaboraciones entre las empresas para compartir recursos y revalorizar o reutilizar residuos (simbiosis industrial)
- Integración de técnicas de fabricación aditiva para simplificar productos y ensamblajes.

Largo plazo

- Establecer nuevos modelos de negocio que sitúen la sostenibilidad en el centro de la estrategia a través de nuevos mercados
- Desarrollo de aleaciones de alto grado y metales inteligentes que permitan un alto grado de circularidad y que faciliten su separación de las corrientes residuales.
- Establecer sistemas de reparación multidimensionales que permitan utilizar el producto infinidad de veces
- Adoptar sistemas de reciclaje innovadores para recuperación de materias primas críticas que se encuentran en cantidades muy pequeñas en los productos.
- Conexión entre todos los actores de la cadena de producción mediante tecnologías y plataformas digitales.
- Introducir pasaportes digitales de producto.

3.3.4. SECTOR MUEBLE/MADERA

Corto plazo

- Diseño para la separación de materiales reciclables
- Diseño para asegurar la durabilidad de los muebles
- Diseño modular proporcionando configuraciones diversas del mismo producto.

- Proveedores certificados en prácticas sostenibles
- Utilización de recursos renovables y/o reciclados
- Instrucciones detalladas sobre cómo utilizar y mantener el producto para evitar su sustitución prematura.
- Producción eficiente: reducción del consumo de energía y la producción de residuos

Medio plazo

- Utilización de codificaciones estandarizadas para identificar componentes y materiales
- Reducción de la complejidad de la estructura: mínimo número de piezas y materiales.
- Diseño de técnicas de desensamblaje no destructivo y reensamblaje de componentes específicos en mobiliario.
- Compatibilidad de las piezas de recambio comunes en mobiliario
- Estas medidas darán lugar a un incremento efectivo de la reutilización, reparación, renovación y reciclaje en el sector del mueble.

Largo plazo

- Pasaporte digital de producto
- Conexión entre los actores de la cadena de valor mediante plataformas digitales
- Sensorización e introducción de IoT en el mobiliario
- Servitización

3.3.5. SECTOR JUGUETE

Corto plazo

- Fomentar el Uso de Materiales Reciclados: Incrementar la utilización de materiales reciclados en la fabricación de juguetes para reducir el impacto ambiental. Explorar asociaciones con proveedores de materiales reciclados.
- Optimizar el Uso de Recursos: Implementar medidas para reducir el consumo de agua en los procesos de fabricación de juguetes, como la adopción de tecnologías más eficientes.
- Ecodiseño: Desarrollar y promocionar juguetes con un diseño sostenible que utilice menos materias primas y recursos críticos.
- Abastecimiento Local: Priorizar el uso de materias primas locales o de proximidad siempre que sea posible para reducir la huella de carbono asociada al transporte.

Medio plazo

- Automatización y Digitalización: Invertir en tecnología para avanzar hacia la Industria 4.0 en la fabricación de juguetes. Esto incluye la implementación de procesos de producción más eficientes y la mejora de la trazabilidad y la calidad.
- Transparencia en la Información al Consumidor: Proporcionar información clara y transparente a los consumidores sobre la sostenibilidad y la circularidad de los juguetes. Etiquetar productos sostenibles.
- Reciclaje y Retorno: Establecer sistemas de reciclaje para juguetes al final de su vida útil. Fomentar la devolución de juguetes desechados para su reutilización o reciclaje.

- Pasaporte digital: Añadir un pasaporte digital a los juguetes con tal de mantener un seguimiento y disponer de una mejor trazabilidad de todo el proceso fabricación hasta de los materiales que lo compongan.

Largo plazo

- Tecnología de Baja Energía: Investigar y adoptar tecnologías de fabricación de juguetes que requieran menos energía, lo que reduce la huella de carbono.
- Colaboración en la Cadena de Valor: Trabajar en estrecha colaboración con otros actores de la cadena de valor del sector del juguete para mejorar la información y compartir mejores prácticas relacionadas con la sostenibilidad.

3.3.6. SECTOR TEXTIL

Corto plazo

- Incremento en el uso de materiales reciclados: promover el uso de fibras recicladas y materiales sostenibles en la producción textil.
- Desarrollo de tecnologías de alta eficiencia para la clasificación y/o separación de residuos textiles en una etapa anterior al proceso de reciclaje de los mismos.
- Desarrollo de tecnologías de reciclaje químico, enzimático o de otras vías de valorización alternativa como la pirólisis.
- Eficiencia en el consumo de agua y energía: implementar tecnologías para reducir el consumo de agua y energía en los procesos de producción.
- Estrategia de km 0: fomentar el uso de materias primas locales para reducir la huella de carbono asociada al transporte.

Medio plazo

- Transición hacia la Industria 4.0: Incorporar tecnologías avanzadas como la automatización y la digitalización para mejorar la eficiencia y reducir residuos.
- Educación y concienciación del consumidor: mejorar la información proporcionada a los consumidores sobre la sostenibilidad y circularidad de los productos textiles.
- Desarrollo de sistemas de reciclaje y reutilización: establecer sistemas para la recogida y reciclaje de textiles al final de su vida útil.
- Escalabilidad de las nuevas técnicas de valorización basadas en el empleo de procesos de reciclaje químico, enzimático o de pirólisis.
- Ecoetiquetado de producto acorde a la futura legislación de aplicación en el sector textil.

Largo plazo

- Innovación en materiales y procesos: investigar y desarrollar nuevos materiales y procesos que reduzcan el impacto ambiental y mejoren la circularidad.
- Creación de productos de larga durabilidad: diseñar textiles y prendas que tengan una vida útil más larga y sean fáciles de reparar.
- Integración de la cadena de valor: mejorar la comunicación y colaboración entre los diferentes actores de la cadena de valor textil.

4. Sinergias entre sectores

4.1. DEMOSTRADOR CIRCULAR INDUSTRY – CV

ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS MULTICOMPOSICIÓN DE LAS INDUSTRIAS DEL CALZADO, JUGUETE Y TEXTIL DE LA COMUNITAT VALENCIANA

El Demostrador de Industria Circular es una iniciativa de los Centros Tecnológicos INESCOP, AIJU y AITEX, con el apoyo del IVACE (Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial) y la Unión Europea. El objetivo del demostrador es desarrollar y validar tecnologías y procesos para el reciclaje de residuos multicomponente, procedentes de los sectores del calzado, textil y juguete.

El demostrador está ubicado en la localidad valenciana de Elda y cuenta con una planta piloto con una capacidad de tratamiento de 300 kilogramos de residuos a la hora. La planta está equipada con una serie de tecnologías y procesos que permiten separar los diferentes componentes y materiales que componen los residuos, como el cuero, el plástico, el textil y los metales.

Una vez separados los distintos componentes o materias primas secundarias por el demostrador se utilizan para fabricar nuevos productos de alto valor añadido, como nuevos zapatos, prendas de vestir o juguetes. Por tanto, se evidencia que el demostrador contribuye a reducir el impacto ambiental de los sectores del calzado, textil y juguete, ya que evita la incineración o vertido en vertederos de los residuos.

▪ **Motivación**

En las industrias del calzado, textil y juguete el concepto de economía circular ha ido ganando adeptos y está empezando a ser entendido como una opción irrefutable frente al uso de materias primas vírgenes. Es por ello, que, mediante la presente iniciativa, estas industrias se han unido y creado sinergia con un objetivo común, tratando de buscar una solución sostenible a la gran cantidad de residuos de multicomposición y multiformato que generan, tanto en la fase de producción, como en la de posconsumo.

Además, atendiendo a la nueva Directiva Europea ((EU) 2018/851) por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos, se obliga a los Estados Miembros a empezar la recogida selectiva de residuos antes del 1 de enero de 2025, y al establecimiento a fijar unos objetivos relativos a la preparación para la reutilización y el reciclado de estos residuos. Esto supondrá un impacto para toda la cadena de valor pues será necesario que las empresas empiecen a diseñar y preparar sus productos para contener material reciclado y para permitir su reciclaje.

▪ **Objetivos**

El objetivo principal de la presente Iniciativa ha sido el desarrollo de modelos de economía circular para la revalorización de productos multicomposición generados en las industrias del textil, calzado y juguete. Los modelos de economía circular desarrollados

han sido tanto intra como intersectoriales entre los ámbitos industriales representados por los Centros Tecnológicos colaboradores: INESCOP, AITEX y AIJU. Los tres institutos tecnológicos han abordado la problemática asociada a los materiales multicomposición, ya que en la actualidad no tienen establecida una estrategia técnica y económicamente viable para su revalorización.



Figura 25. Concepto de economía circular en el proyecto Circular Industry-CV.

Cabe destacar que los materiales multicomposición que se pretenden revalorizar en los tres sectores presentan composiciones químicas similares. En la actualidad, el proceso de recuperación de materiales de naturaleza polimérica multicomposición, se está abordando, en mayor o menor medida con tecnologías bien diferenciadas en cada uno de los sectores industriales, sin embargo, la revalorización o upcycling de residuos multicomposición se presenta como una problemática no resuelta, siendo esta fracción destinada a valorización energética, cuando su destino final no es la acumulación en vertederos. Para este fin, se ha desarrollado un demostrador tipo que aborde el principal reto asociado a la problemática que presentan los materiales multiformato y multicomposición: cómo clasificar, transformar e implementar las materias primas derivadas del procesado de estos residuos.

El fin último de esta iniciativa fue el de establecer sinergias en materia de economía circular aplicada entre los sectores de calzado, textil y juguete y estableciendo nuevas vías de revalorización de fracciones de residuos multicomposición generados en estos ámbitos industriales.

▪ Resultados

Fruto de la correcta ejecución del proyecto CIRCULAR INDUSTRY-CV, se han obtenido resultados que permiten establecer modelos de economía circular en el entramado de las empresas interesadas en adoptar un modelo de desarrollo económico sostenible.

En primer lugar, se han definido los residuos de los sectores calzado, textil y juguete en cuanto a procedencia, formatos de presentación, volúmenes, sistemas de gestión y clasificación actuales. Una vez localizados los diferentes residuos se ha desarrollado una tecnología que permite la transformación y clasificación de estos residuos en materias primas secundarias para el desarrollo de nuevos materiales con aplicación en cada uno de los sectores. Además, se han definido las propiedades morfológicas de los residuos obtenidos para su incorporación en las distintas tecnologías identificadas desarrollando materiales con un alto valor sostenible y además del estudio de sus propiedades físicas, mecánicas y funcionales se ha podido definir el sector de aplicación para finalmente realizar la transferencia a empresas de los diferentes sectores industriales valencianos. Los resultados obtenidos servirán para contribuir a la implementación de una economía circular, así como a la simbiosis industrial.



Figura 26. Detalle de la planta piloto desarrollada en el proyecto

4.2. CIRCULAR INDUSTRY 2.0

ECONOMÍA CIRCULAR Y SIMBIOSIS INDUSTRIAL ENTRE SECTORES TRACTORES DE LA COMUNITAT VALENCIANA (TRANSPORTE/AUTOMOCIÓN, CALZADO, TEXTIL Y JUGUETE)

▪ Motivación

Esta iniciativa surge como consecuencia del éxito alcanzado en el proyecto “CIRCULAR INDUSTRY CV” dónde se implementó una planta piloto para tratar residuos multicomposición de los sectores calzado, juguete y textil. Durante este proyecto, los Centros Tecnológicos INESCOP, AIJU y AITEX, con el apoyo del IVACE (Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial) y la Unión Europea, realizaron estudios de simbiosis industrial, abarcando tanto la colaboración intra como intersectorial. Además, se implementaron diversas tecnologías, como inyección, impresión 3D y glue blender, para procesar las fracciones de los materiales obtenidos del tratamiento de la planta piloto

obteniendo prototipos que también involucraron al sector de la automoción y a toda su cadena de valor en la búsqueda de soluciones para la gestión de los residuos.



Figura 27. Ejemplo de Simbiosis industrial y economía circular en el proyecto Circular Industry 2.0

▪ **Objetivos**

Los objetivos que se pretenden desarrollar con el proyecto Circular Industry 2.0 son:

Validación de Modelos de Economía Circular mediante la creación de sinergias intra e intersectoriales en la Comunitat Valenciana, estableciendo modelos de economía circular validados para promover la sostenibilidad en los sectores mencionados.

Análisis de Tecnologías para Optimización. Se evaluarán nuevas tecnologías en la planta piloto “CIRCULAR INDUSTRY” para optimizar los procesos de clasificación y reciclado asegurando que los efluentes de materias primas recuperadas se asemejan a las materias primas vírgenes del mercado.

Estudios de Circularidad. Se evaluará el potencial de circularidad de los productos y residuos entre los sectores de calzado, textil, juguete y automoción, creando modelos validados para impulsar la circularidad.

Valor y Ventaja Competitiva ya que se obtendrán fracciones de residuos de mayor Calidad. Por otro lado, se mejorará la calidad de las fracciones de residuos obtenidas durante el tratamiento para aumentar el valor añadido y utilidad de los materiales recuperados.

Transformación y Clasificación de Residuos. Se pretenden transformar y clasificar residuos en distintas fracciones aprovechables como materias primas, reduciendo la generación de residuos y maximizando la utilización de recursos.

Reducción del uso de materias primas vírgenes, pues se incorporan residuos para disminuir la dependencia del empleo de materias primas vírgenes, fomentando un enfoque más sostenible mediante la reutilización y reciclado de los residuos existentes.

Productos con componente medioambientales y sostenibles. Se obtendrán productos sostenibles a partir de residuos de sectores como textil, juguete, calzado y automoción.

Validación de resultados mediante la colaboración con empresas locales, garantizando la aplicabilidad práctica y la transferencia efectiva de conocimientos.



Figura 28. Diagrama de economía circular entre los sectores textil, juguete calzado y automoción.

▪ Resultados

El logro principal de esta propuesta es la definición de nuevos modelos de economía circular que conectan los cuatro sectores involucrados (automoción/transporte, calzado, textil y juguete). Dada la actual relevancia en reducir la dependencia exterior en el abastecimiento de materias primas, la optimización del demostrador tecnológico CIRCULAR INDUSTRY-CV se vuelve esencial. Por tanto, con este proyecto se ha optimizado el demostrador, aumentando su eficacia y eficiencia en la obtención de fracciones de residuos de mayor calidad, lo cual facilita su posterior aprovechamiento mediante distintos procesos de obtención de materiales de valor añadido. Además, los estudios de circularidad impulsan la mejora de sinergias entre los sectores involucrados, fortaleciendo la cohesión territorial y promoviendo la creación de un modelo económico sostenible basado en la economía circular y la simbiosis industrial.

▪ Consorcio, financiación y web

El consorcio del proyecto está formado por los centros tecnológicos AIJU, AITEX e INESCOP, correspondientes al sector del juguete, sector textil y sector del calzado. La financiación del proyecto se encuentra enmarcada en el programa IVACE, concretamente en el programa de cooperación empresas 2019-2020.

Para cualquier información adicional del proyecto, consultar su página web: <https://www.inescop.es/es/inescop/actividad/proyectos-i-d-i/proyectos-i-d-i-ivace/ivace/46-2019/407-circular-industry>

