



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



## **ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Departamento: Departamento de Expresión Gráfica en la  
Ingeniería, Diseño y Proyectos**

**Área de Conocimiento: Expresión Gráfica en la Ingeniería**

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

**Sistema de economía circular en Polígono Manzanil II de Loja, mediante  
un criadero de Tenebrio Molitor**

Grado en

**INGENIERÍA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DP.**

Autor: María José Sillero Rubio

Tutor: Luz García Ceballos

Cotutor

MÁLAGA, Junio de 2023.

(esta página está intencionadamente en blanco)

## RESUMEN EN ESPAÑOL

La actividad industrial en España está distribuida en áreas de actividad económicas, que constituyen un valor en aspectos como tamaño de ciudades, economía, infraestructuras, movilidad y transporte. La industria ha sido criticada por actividades y procesos que generan grandes volúmenes de desechos y desaprovechan recursos que cada vez son más escasos. El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 12 es “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”, y entre sus metas está la reducción de la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización. La economía circular minimiza los residuos al mantener los materiales y recursos en un circuito cerrado, concepto que es una buena solución para el desarrollo sostenible.

En el Polígono Manzanil II de Loja, se concentran empresas agrícolas que generan residuos plásticos y orgánicos. Además, esta localidad cuenta con infraestructuras, para distribuir sus productos a entornos cercanos donde se pueden aprovechar dichos residuos como materia prima al gestionarlas de forma adecuada.

En este trabajo se va a estudiar la implantación de “una granja de cría de Tenebrio Molitor”, que transforme el residuo plástico (que es un alimento de este tipo de gusano) en abono natural para los agricultores de las cooperativas agrícolas. Así como la venta de las larvas del Tenebrio Molitor como alimento para los peces de las piscifactorías cercanas. Con ello se quiere conseguir cerrar un círculo industrial.

## PALABRAS CLAVE

Economía Circular, Plástico, Tenebrio Molitor, Desarrollo Sostenible, Residuo

(Esta página se ha dejado intencionadamente en blanco)

## **ABSTRACT**

Industrial activity in Spain is distributed in areas of economic activity, which constitute a value in aspects such as city size, economy, infrastructures, mobility and transport. Industry has been criticised for activities and processes that generate large volumes of waste and waste increasingly scarce resources. Sustainable Development Goal (SDG) 12 is to "Ensure sustainable consumption and production patterns", and among its targets is the reduction of waste generation through prevention, reduction, recycling and reuse activities. The circular economy minimises waste by keeping materials and resources in a closed loop, a concept that is a good solution for sustainable development.

In the Manzanil II industrial estate in Loja, there is a concentration of agricultural companies that generate plastic and organic waste. In addition, this locality has infrastructures to distribute its products to nearby environments where these wastes can be used as raw materials when properly managed.

In this work we are going to study the implementation of a "Tenebrio Molitor breeding farm", which transforms the plastic waste (which is food for this type of worm) into natural fertiliser for the farmers of the agricultural cooperatives. The larvae of the Tenebrio Molitor will also be sold as food for the fish in the nearby fish farms. The aim is to close an industrial circle.

## **KEY WORDS**

Circular Economy, Plastic, Tenebrio Molitor, Sustainable Development, Waste

(Esta página se ha dejado intencionadamente en blanco)



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis padres por apoyarme siempre económica y emocionalmente, porque sin ellos nada en mi vida sería posible. En segundo lugar, quiero agradecer a mi tutora de TFG Luz García Ceballos, por su apoyo y su ayuda para el buen desarrollo de este proyecto. También estoy agradecida con todo aquel que desinteresadamente me ha proporcionado información, ideas o me ha apoyado.

(Esta página se ha dejado intencionadamente en blanco)

(Esta página se ha dejado intencionadamente en blanco)

## ÍNDICE

RESUMEN EN ESPAÑOL	1
ABSTRACT	3
AGRADECIMIENTOS	5
Índice	9
Índice de ilustraciones	12
Índice de tablas	14
1. Objeto	14
1.1. Objetivo	15
2. Alcance	15
3. Antecedentes	16
3.1. Plásticos	16
3.1.1. Historia del plástico	16
3.1.2. Impacto del plástico.	19
3.2. Polígono Manzanil II	21
3.3. Tenebrio molitor	24
3.3.1. Ciclo de vida	24
3.3.2. Necesidades de crianza	25
3.3.3. Biodegradación de plástico por el Tenebrio Molitor.	26
3.4. Estudio de mercado	28
3.4.1. Tenebrio Molitor.	28
3.4.2. Sistemas de cría de Tenebrio Molitor.	29
3.4.3. Estudio ergonómico de la manipulación de cargas.	31
3.4.4. Estudio de materiales para la fabricación de cajas.	32
3.4.5. Estudio de materiales para la fabricación de estanterías.	33
3.4.6. Encuestas.	33
4. Legislación aplicable a nuestra granja de gusanos.	38
5. Bibliografía	40
6. Metodología	49
6.1. Ecodiseño	49
6.2. Metodologías de ecodiseño.	49

6.2.1. Metodología PILOT (Product Investigation, Learning and Optimization Tool)	49
6.2.2. Metodología PROMISE.	51
6.2.3. Metodología EDIP (Environmental Desing of Industrial Product)	52
6.2.4. Metodología ECOREDESING	53
6.2.5. Metodología IHOBE.	54
6.3. Análisis de Ciclo de Vida	54
6.3.1. Definición de objeto y alcance.	55
6.3.2. Análisis de inventario.	55
6.3.3. Evaluación de impacto	56
6.3.4. Interpretación del ciclo de vida.	57
6.3.5. Herramientas para el ACV	57
7. Diseño del Conjunto de cría	61
7.1. Aplicación de la metodología IHOBE en el rediseño del conjunto de cría	61
7.1.0. Introducción.	61
7.1.1. Preparación del proyecto.	62
7.1.2. Aspectos ambientales.	63
7.1.3. Ideas de mejora.	68
7.1.4. Desarrollo de conceptos.	70
7.1.5. Producto en detalle.	76
7.1.6. Plan de acción.	79
7.1.7. Evaluación.	79
7.1.8. Comparativa.	83
8. Condiciones para el Diseño de la nave industrial	84
8.1. Espacios necesarios.	84
8.2. Zona de cría de Tenebrio Molitor.	85
8.2.1. Condiciones controladas para la cría de Tenebrio Molitor.	86
9. Sistema de trabajo para la implantación del sistema de economía circular.	86
9.1. Puesta en marcha del negocio.	86
9.1.1. Alta como gestora de residuos.	87
9.2. suministro de alimento y recogida de producto del tenebrio molitor.	87
9.2.1. Personal.	88

9.3. Recogida de residuos.	88
9.4. Clasificación de residuos y preparación de alimento.	88
9.5. Envasado de guano y venta.	89
9.6. Laboratorio.	89
9.7. Economía circular	90
10. Presupuesto	91
10.1. Presupuesto conjunto cría	91
10.1.1. Presupuesto estantería de madera	91
10.1.2. Presupuesto Caja de Polipropileno	91
10.1.3. Presupuesto escarabajos iniciales.	91
10.1.4. Presupuesto inicial conjunto de cría.	92
10.2. Presupuesto Nave Industrial	92
11. Viabilidad.	93
11.1. Gastos.	93
11.2. Ingresos.	93
11.2.1. Recogida y gestión de residuos.	93
11.2.2. Venta de guano.	93
11.2.3. Venta de Tenebrio Molitor.	93
11.2.4. Subvenciones públicas.	94
11.3. Conclusiones de viabilidad.	94
Anexo I. Planos.	95
Índice	95
Anexo II. Selección de materiales.	96
Anexo III. Selección de proceso.	98
Anexo IV. Presentación del proyecto al XXVII CONGRESO INTERNACIONAL DE DIRECCIÓN E INGENIERÍA DE PROYECTOS.	99

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Producción y residuos plásticos según su ámbito, en Europa en 2015	17
Ilustración 2 Clasificación tipos de plástico para reciclaje.	18
Ilustración 3 Evaluación General del Impacto ambiental de los plásticos.	20
Ilustración 4 Ilustración del plano de Emplazamiento en Ciudad de Loja.	21
Ilustración 5 Plano Catastro.	22
Ilustración 6 Medición con Google Earth 2021	22
Ilustración 7 Esquema de ubicación de empresas en el polígono que generan residuos de provecho para nuestra empresa.	23
Ilustración 8 Ciclo de vida del Tenebrio Molitor	25
Ilustración 9 Granja Industrial de Tenebrio Molitor.	29
Ilustración 10 Criba de pupa.	29
Ilustración 11 Granja doméstica de cría de gusanos.	30
Ilustración 12 Cajas para cría de Tenebrio Molitor con filtro para guano.	30
Ilustración 13 Granja para cría doméstica de Tenebrio Molitor.	31
Ilustración 14 Pesos máximos recomendados.	32
Ilustración 15 Dimensiones aconsejables carga.	32
Ilustración 16 Respuesta pregunta 1 encuesta público.	33
Ilustración 17 Respuesta pregunta 2 encuesta público.	34
Ilustración 18 Respuesta pregunta 3 encuesta público.	34
Ilustración 19 Respuesta pregunta 4 encuesta público.	34
Ilustración 20 Gráfico con promedio de las respuestas de la encuesta.	35
Ilustración 21 Respuesta pregunta 1 del cuestionario a las empresas.	36
Ilustración 22 Respuesta pregunta 2 del cuestionario a las empresas.	36
Ilustración 23 Respuesta pregunta 3 del cuestionario a las empresas.	36
Ilustración 24 Respuesta pregunta 4 del cuestionario a las empresas.	37
Ilustración 25 Proceso de Ecodiseño del producto.	49
Ilustración 26 Entradas y Salidas en el diseño de un producto.	53
Ilustración 27 Matriz MET para la producción de un mueble.	55
Ilustración 28 Conjuntos estanterías cajas para cría de Tenebrio Molitor.	63
Ilustración 29 Tenebrio Molitor.	64
Ilustración 30. Evaluación de impacto con Sima Pro del conjunto escogido.	67
Ilustración 31 Evaluación de impacto con SimaPro del montaje del conjunto escogido.	67
Ilustración 32 Red de Evaluación de Impacto con Sima Pro del Conjunto escogido.	67
Ilustración 33 Caja con base modular por anclaje.	71
Ilustración 34 Caja para base modular intercambiable.	71
Ilustración 35 Rendijas modulares según	71
Ilustración 36 Modelo con Autocad.	71
Ilustración 37 Modelo de caja cónica. Boceto alzado.	72

Ilustración 38 Caja cónica. Vista desde abajo.	72
Ilustración 39 Concepto de estantería de acero con perfiles en L.	73
Ilustración 40 Estantería de perfiles de acero huecos.	74
Ilustración 41 Estantería de madera con raíles metálicos.	74
Ilustración 42 Estantería de madera con raíles de corte recto.	74
Ilustración 43 Estantería de madera con raíles de corte trapecial.	75
Ilustración 44 Bosque para madera sostenible.	76
Ilustración 45 Conjunto rediseñado.	76
Ilustración 46 Caja de cría de gusano con criba intercambiable.	77
Ilustración 47 Caja de cría de Tenebrio Molitor.	77
Ilustración 48 Criba para pupas de Tenebrio Molitor.	78
Ilustración 49 Estantería de madera para a alojamiento de cajas.	79
Ilustración 50 Evaluación de impacto con SimaPro del Conjunto de Cría diseñado.	82
Ilustración 51 Evaluación de impacto del montaje del Conjunto de Cría diseñado.	82
Ilustración 52 Análisis de impacto con SimaPro del Conjunto de Cría diseñado.	83
Ilustración 53 Comparativa de Impacto con SimaPro.	84
Ilustración 54 Plano de distribución de la nave.	85
Ilustración 55 Guano de Tenebrio molitor.	89
Ilustración 56 Esquema de la propuesta de Economía Circular.	90
Ilustración 57 Comparación de cajas fabricadas con diferentes procesos.	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de Impacto Ambiental según tipo de plástico con SimaPro.	20
Tabla 2. Residuos generados por las principales empresas del polígono.	23
Tabla 3 Resultados experimentales degradación de polímero con Tenebrio Molitor en 22 días.	27
Tabla 4 Comparación de experimentos degradación de PS con Tenebrio Molitor.	27
Tabla 5 Percentil 5 anchura de codo a codo.	31
Tabla 6 Percentil 5 Dimensiones funcionales del cuerpo.	31
Tabla 7 Metodología PILOT.	50
Tabla 8 Metodología PROMISE.	51
Tabla 9 Metodología EDIP.	52
Tabla 10 Metodología ECOREDESING.	53
Tabla 11 Metodología IHOBE.	54
Tabla 12 Aspectos e impactos ambientales de la caja para cría de gusano.	63
Tabla 13 Matriz MET del conjunto de cría.	65
Tabla 14 AICV del conjunto.	66
Tabla 15 Evaluación de impacto con Sima Pro del conjunto escogido.	66
Tabla 16 Ideas de mejora.	68
Tabla 17 Valoración de las ideas de mejora.	69
Tabla 18 Valoración de los conceptos en función de los requisitos.	72
Tabla 19 Valoración de los conceptos de estanterías planteados.	75
Tabla 20 Plan de acción de mejoras a medio y largo plazo.	79
Tabla 21 Matriz MET conjunto de crianza Tenebrio Molitor.	80
Tabla 22 Inventario del nuevo conjunto.	81
Tabla 23 Evaluación de impacto con SimaPro del Conjunto de Cría diseñado.	82
Tabla 24 Horas de trabajo necesarias en la granja.	88
Tabla 25 Cálculo de presupuesto fabricación de estantería de madera.	91
Tabla 26 Cálculo de presupuesto de fabricación de caja de Polipropileno.	91
Tabla 27 Cálculo de presupuesto inicial del conjunto de cría de Tenebrio Molitor.	92
Tabla 28 Ingresos de gestión de residuos..	93

## 1. OBJETO

### 1.1. OBJETIVO

El objeto de este TFG es diseñar un Sistema de Economía Circular en el Polígono Manzanil II de Loja, por medio de una granja de cría de Tenebrio Molitor. Con este sistema se pretende darles un valor añadido a los residuos y que vuelvan al sistema industrial como materia prima. Con este sistema se conseguirá reducir la acumulación de plásticos en nuestro entorno y disminuir los impactos ambientales que producen.

El sistema de economía circular apoyado en el ecodiseño va a fomentar la sinergia entre las industrias y el aprovechamiento de los recursos locales, así se va a obtener un conocimiento de esta industria local y de sus interacciones con el medio ambiente.

Otro objetivo es el estudio de la transformación del plástico como alimento para la larva del Tenebrio Molitor.

Por último, se utilizará los distintos conocimientos obtenidos durante el estudio del grado.

## 2. ALCANCE

Los temas que trataremos en este trabajo son los siguientes:

- Problemas que genera el plástico en su fabricación y como acumulación de residuos.
- Descripción del polígono Manzanil y su forma de trabajo.
- Descripción del Tenebrio Molitor y su ciclo de vida.
- Estudio de mercado del Tenebrio Molitor y sus formas de cría.
- Ergonomía de las cargas en el trabajo.
- Marco legislativo.
- Metodología.
- Diseño del conjunto de cría.
- Requisitos técnicos del local.
- Desarrollo del sistema de economía circular.

## 3. ANTECEDENTES

### 3.1. PLÁSTICOS

#### 3.1.1. Historia del plástico

La RAE define los plásticos como *{Dicho de ciertos materiales sintéticos: Que pueden moldearse fácilmente y están compuestos principalmente por polímeros, como la celulosa}*

Otros como la **Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (CAIRPLAS)** (Cairplas, 2022), define los plásticos como: “sustancias químicas sintéticas, obtenidas mediante reacciones de polimerización a partir de derivados del petróleo. Son materiales orgánicos puesto que la materia prima que se usa para producir plástico son productos naturales como carbón, gas natural, celulosa, sal y, obviamente, petróleo.”

Los plásticos son materiales fácilmente moldeables mediante calor, presión, inyección...

Desde el uso de la goma natural hasta nuestros días, se han descubierto numerosos tipos de plástico y se ha mejorados sus propiedades.

Según la página de la empresa abc-Pack(2022), el primer polímero del que se tiene constancia es el vulcanizado que desarrolló Charles Goodyear en 1839. Modificó las propiedades de la goma del Jebe mezclándola con Azufre y calentándola. Con este proceso obtuvo un caucho que se mantenía seco y flexible a cualquier temperatura.

Posteriormente, en 1862, Alexander Parkes presentó un material transparente, duro pero flexible que se podía calentar y moldear, que al enfriarse mantenía su forma. Este material podía ser coloreado y se podría dar forma con grabados, se le denominó Parkesina. Un material formado por una mezcla de nitrato de Celulosa con alcanfor (Historiadeempaques, 2013). Su alto coste de fabricación hizo que no alcanzara el éxito deseado.

Otros artículos (esPlásticos, 2021) determinan que el primer plástico data de 1868, cuando con deseo de sustituir el marfil empleado en la fabricación de las bolas de billar, John Hyatt intentando mejorar la Parkesina la mezcló con alcohol por accidente y descubrió una mezcla pegajosa con la que uniría el papel y el aserrín para la fabricación de las bolas. El problema era que estas bolas al chocar podían llegar a estallar. No obstante, el “Celuloide” fue usado durante muchos años en varios productos, principalmente películas fotográficas.

Durante muchos años multitud de científicos estudiaron los diferentes procesos de polimerización con objeto de desarrollar nuevos materiales.

En 1907 el químico belga Hendrik Baekeland (Crespy et al, 2008) desarrolló la baquelita, el primer plástico completamente sintético, creada a partir de fenol y formaldehído. Fue usada en numerosos artículos de comercio debido a su facilidad de moldeo.

En 1914 se presentó la primera patente de PVC (Montero & Mejía ,2018). Su expansión en el mercado tuvo lugar en la Segunda Guerra Mundial, como aislante para el cableado de los buques militares.

Uno de los avances más relevantes fue el estudio del químico alemán Hermann Staudinger que como publica Mijangos (2020), determinó la estructura molecular de los polímeros naturales y sintéticos, lo que le llevó a formular la hipótesis de que los poliésteres y el caucho natural estaban constituidos por estructuras químicas lineales, independientes y muy largas, a las que denominó macromoléculas.

A partir de aquí se comenzó la producción masiva de poliestireno, el desarrollo del poliuretano, la producción de Nylon, que luego tuvo su aplicación intensiva a partir de los años 40 (Montero & Mejía, 2018).

Después de la Segunda Guerra mundial, con la aparición de las Resinas Epoxi y el ABS, la fabricación y comercialización de los polímeros tomó gran impulso (Arbeláez, 2017).

Desde la década de los 50 hasta nuestros días, los plásticos adquirieron cada vez más importancia, sustituyendo muchos otros productos.

En los años 80 se intensificó la producción de plásticos sobre todo con la explosión de la comunicación (Montero & Mejías, 2018) y se convirtió en una de las industrias principales a nivel global.

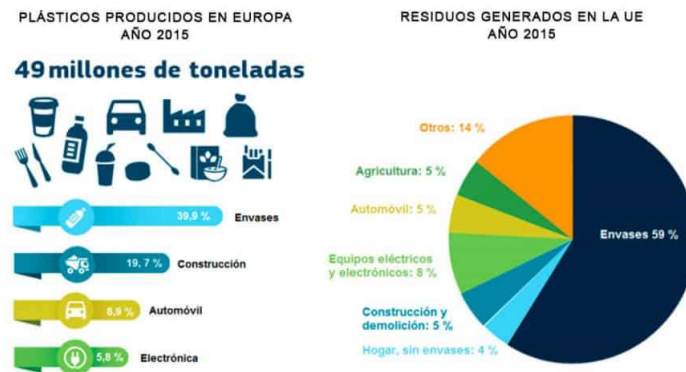


Ilustración 1. Producción y residuos plásticos según su ámbito, en Europa en 2015 (Villen, 2019)

En la actualidad el uso de los plásticos está extendido en casi todos los ámbitos de nuestra vida. Los ámbitos de uso del plástico según National Geographic (2020) son:

- Envases y embalajes.
- Productos de consumo.
- Industria Textil.
- Sector eléctrico.
- Transporte.
- Maquinaria Industrial.
- Construcción.
- Otros usos (Sanidad, agricultura, ganadería, pesca...)

Como podemos apreciar en la Ilustración 1, la gráfica que publica Villen (2019), en la producción de envases es donde más plástico se genera, también son los envases más de la mitad de los residuos plásticos.

Según DKV (2021), los diferentes tipos de plástico se recogen en 7 grandes grupos:

1. PET o PETE (tereftalato de polietileno)
2. HDPE (polietileno de alta densidad)
3. PVC (policloruro de vinilo)
4. LDPE (Polietileno de baja densidad)
5. PP (Polipropileno)
6. PS (Poliestireno)
7. Otros tipos de plásticos (Policarbonato, Estireno, Nylon ...)



Ilustración 2 Clasificación tipos de plástico para reciclaje. Ecoembes(2021).

Se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios.

- Facilidad de reciclado, según este criterio se numera del 1 al 4 de mayor a menor facilidad de reciclado. Según DKV (2021):
  - Reciclabilidad 1: PET o PET y HDPE
  - Reciclabilidad 2: LDPE y PP
  - Reciclabilidad 3: PS
  - Reciclabilidad 4: PVC y otros plásticos
- Según su capacidad para recalentarse y volver a moldearse pueden ser **Termoplásticos** (Se pueden calentar y volver a dar forma) o **Termoestables** (si se vuelven a calentar se queman).

### 3.1.2. Impacto del plástico.

Hoy en día el uso de plástico es imprescindible, por su utilidad, el bajo coste de fabricación, sus altas capacidades de transformación, su capacidad de ser usados como aislantes térmicos y eléctricos, una aceptable resistencia mecánica, etc. En 2019, la producción de plásticos en el mundo alcanzó casi los 370 millones de toneladas. En Europa, la producción de plásticos alcanzó casi los 58 millones de toneladas (PlasticsEurope, 2020). Desde que comenzó su producción intensiva en los años 50, se han producido aproximadamente 7,8 billones de toneladas de plástico, lo que supone que hoy exista una tonelada de plástico por cada persona. (Buteler, 2019)

El uso de plástico en casi todos los ámbitos existentes y su producción intensiva hace que estemos rodeados de éstos, los residuos plásticos son uno de los principales problemas medioambientales.

La baja posibilidad de biodegradación de muchos de los plásticos y su incapacidad de reutilización en algunos casos suponen un gran problema ambiental. A parte de la falta de concienciación en la población en general. En España solo se reciclan el 30% de los plásticos (Greenpeace, 2022). A nivel global se desecha el 75% del plástico producido, del cual una parte muy pequeña es reciclada, otra quemada y mucha arrojada a mares y océanos. (Buteler, 2019)

Declaraciones de la Organización de las Naciones Unidas (2017) advierten que, si los niveles se mantienen, en el año 2050 los océanos podrían contener más plásticos que peces. Según el blog Anel lides, Serveis Ambientals Marins (2020) la isla de plástico más grande del mundo localizada al norte del Pacífico, entre California y Hawaii, se estima que mide entre unos 700.000 km<sup>2</sup> y 15 millones de km<sup>2</sup> y contiene alrededor de 100 millones de toneladas de basura distribuida entre la superficie y el fondo. Además, existen otras cuatro grandes islas en los océanos de nuestro planeta. La mayoría de los residuos son restos de redes y equipos de pesca, otros tantos botellas y envases, también se cree que gran parte de los residuos llegaron tras el gran Tsunami de Japón.

Solo Europa vierte entre 70.000 y 130.000 toneladas de plástico al agua cada año. Estos plásticos, pueden quedar reducidos a microplásticos que ingieren muchos animales. Hay evidencias de que estos microplásticos se transfieren a lo largo de la cadena alimentaria y llegan hasta nuestros platos. (Greenpeace, 2022)

A parte del problema de los plásticos físicamente dichos, existe otro de vital importancia como es la contaminación tóxica por parte de los compuestos empleados en su fabricación. Los retardantes de llama son uno de los agentes más nocivos para los seres vivos. El Dechlorane Plus (DP) es uno de ellos, una sustancia química con una producción estimada que oscila entre 500-5.000 toneladas por año desde 1986. Este compuesto sustituye al Dechlorane o Mirex, que en la década de los 70 fue prohibido por su toxicidad. Recientemente se han encontrado presencia de DP en muestras biológicas y en aguas de los grandes lagos de Norteamérica. (Guerra, 2011) También los Éteres de Polibromodifenilos (PBDEs, Polybrominated Diphenyl Ethers) son uno de los agentes más usados como retardante de llama, tras encontrar concentración de estos en leche materna se ha analizado el origen, determinando que no en el agua, si no en el aire que respiramos hay gran cantidad de partículas de PBDEs, nocivos para la salud, dependiendo de la cantidad y el tiempo de exposición. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2017). Los PBDEs son usados en la fabricación de muchos productos electrónicos como ordenadores y televisores, que

pueden desprender dichas sustancias no solo en su fabricación, si no a lo largo de su vida.

El problema de los plásticos está presente desde su fabricación hasta su desecho. Según el estudio de Center of Environmental International Law et al. (2019) Si la producción y el uso de plástico crecen según lo planeado actualmente, para el año 2030, las emisiones podrían alcanzar 1,34 gigatonnes por año, equivalente a las emisiones de CO<sub>2</sub> liberadas por más de 295 centrales eléctricas de carbón de 500 megavatios. Para 2050, la producción y eliminación de plástico podría generar 56 gigatoneladas de emisiones.

Como bien indica el portal Ecología Hoy (2016) la fabricación de resina de PET genera más emisiones tóxicas (níquel, etilbenceno, óxido de etileno, benceno) que la fabricación de vidrio. La producción de botellas de PET 16 oz (500ml) genera 100 veces más emisiones tóxicas al aire y el agua que haciendo botellas de vidrio del mismo tamaño. En un informe del Centro Internacional de Ley Ambiente, la producción de solamente 1 kg de plástico supone la emisión 3,5 kilogramos de CO<sub>2</sub> (Antena3, 2021).

Con la ayuda del Software analítico SimaPro, según el método IPCC 2021 (elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) y con la información de la base de datos Ecoinvent, comparamos el impacto ambiental en la producción de diferentes plásticos GWP-100, evaluado a 100 años. Los resultados medidos en kg de CO<sub>2</sub>-eq para cada tipo de plástico:

Categoría de impacto	PET	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS
Evaluación de daño	3,108	2,306	2,562	2,467	2,279	3,737

Tabla 1 Análisis de Impacto Ambiental según tipo de plástico con SimaPro. Fuente Elaboración Propia (2022)

Estos datos se pueden reflejar en gráficos para una mejor visualización de los resultados.

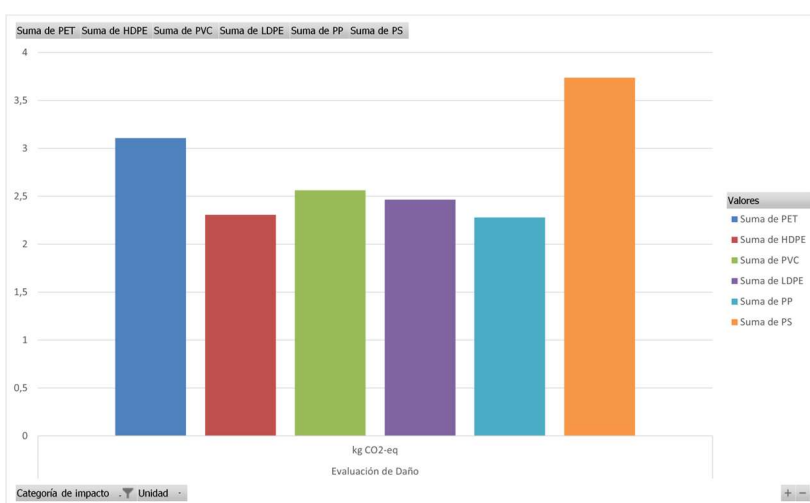


Ilustración 3 Evaluación General del Impacto ambiental de los plásticos. Fuente Elaboración propia (2022).

Según los resultados obtenidos con este análisis los polímeros que más daño causan son el Poliestireno y el Polietileno tereftalato.

Desde mi punto de vista, queda claro que reducir la fabricación y uso de plásticos es el medio más eficaz, aunque también es importante plantear una solución para los plásticos ya existentes y los que se fabricarán y desecharán por necesidad en nuestra forma de vida.

Varios estudios como el de Álvarez y Botache (2020) determina que algunas larvas como las del *Tenebrio Molitor* son capaces de biodegradar polímeros, esto resulta muy interesante, pues la incapacidad de biodegradación del plástico es uno de los principales problemas de acumulación de residuos de este material.

### 3.2. POLÍGONO MANZANIL II

El Polígono Manzanil II es una zona industrial situada en el término municipal de Loja, en la Provincia de Granada. En él se ubican Parque de Bomberos, ITV y numerosos negocios tales como talleres mecánicos, electromecánicos, comercios mayoristas, tiendas de repuestos, distribuidores de bebida, industria textil, distribuidores de material de construcción, cooperativas agrícolas...

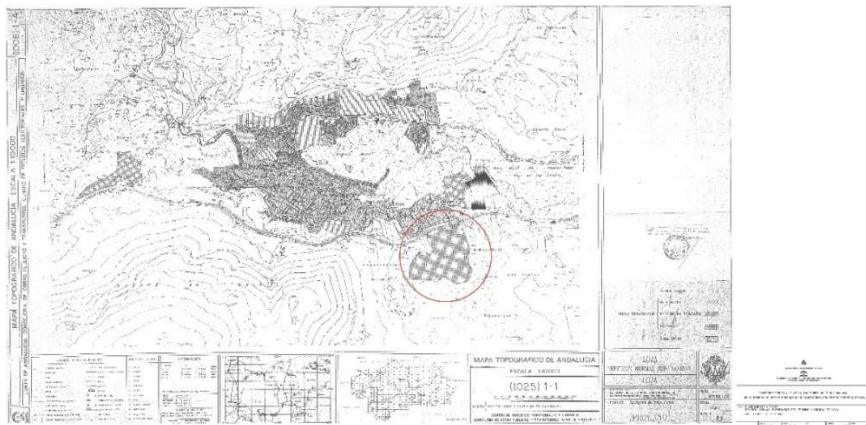


Ilustración 4 Ilustración del plano de Emplazamiento en Ciudad de Loja. Fuente Ayto Loja.

Estos negocios se distribuyen en una superficie de aproximadamente 350.000 m<sup>2</sup> (Catastro, 2022).

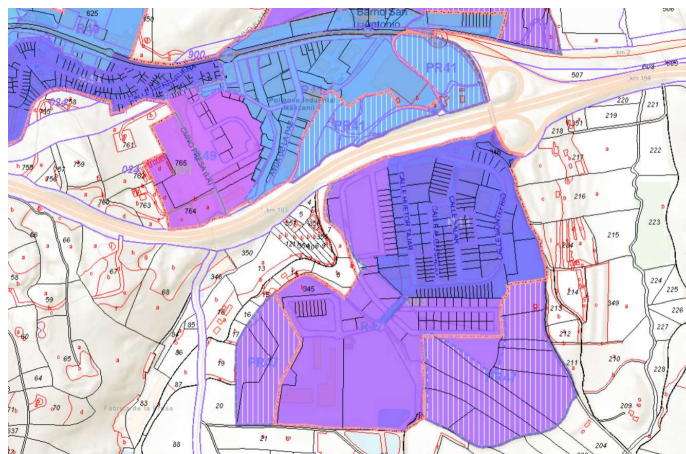


Ilustración 5 Plano Catastro. Fuente Catastro 2022



Ilustración 6 Medición con Google Earth 2021

En este polígono se encuentran algunas de las empresas que más facturan de Andalucía (El Corto, 2020), como es Congelados APOLO SL, COALIMENT ANDALUCIA SL (Comercio) o San Isidro de Loja SCA. Junto a estas, también se encuentra una de las naves principales de Los Gallombares SCA, una cooperativa agrícola de las principales exportadoras de espárrago verde de Europa (Europapress, 2020). Por lo que este polígono es un punto fuerte de la economía de este municipio, aunque en los últimos años está perdiendo parte de su actividad industrial por el cierre de negocios de este sector (La Plaza Digital, 2022).

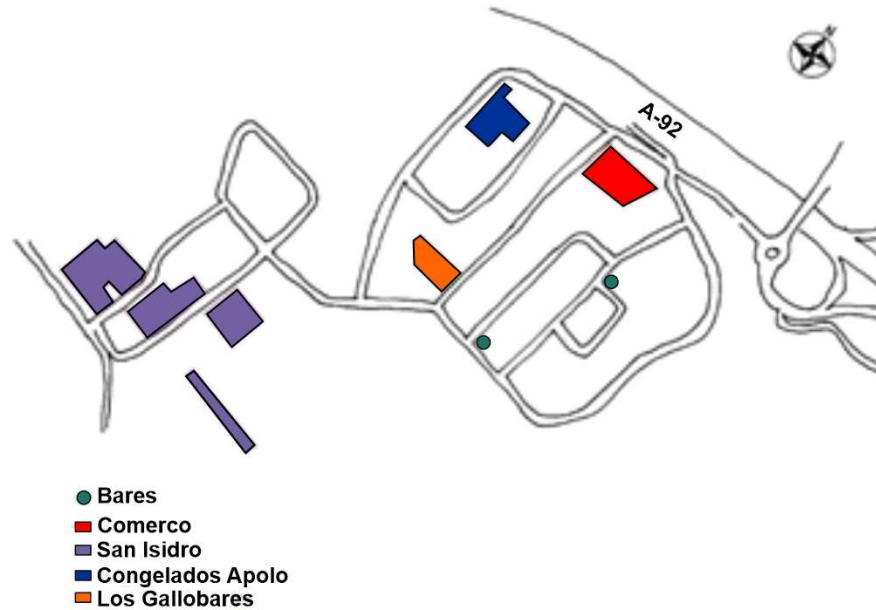


Ilustración 7 Esquema de ubicación de empresas en el polígono que generan residuos de provecho para nuestra empresa. Fuente Elaboración Propia 2022.

Cerca de este polígono se encuentra una de las piscifactorías más importantes de Andalucía, en Riofrío, y varios cotos de pesca.

El trabajo de estas empresas genera residuos plásticos. Los datos que nos han ofrecido estas empresas son:

Empresa	Residuos (kg/mes)
<b>Congelados APOLO</b>	342
<b>COMERCO</b>	3.350
<b>Los Gallombares</b>	1.950
<b>San Isidro</b>	1.615
<b>Total</b>	<b>7.256</b>

Tabla 2. Residuos generados por las principales empresas del polígono. Fuente (Elaboración propia, información aportada por las empresas.)

A parte de los plásticos, otros residuos procedentes de la actividad del polígono también son de utilidad para nuestro proyecto.

Los Gallombares SCA, desechan restos de la producción de verduras. Estos residuos orgánicos también son materia prima para nosotros.

En este parque industrial, existen dos bares que pueden sernos útiles como proveedores de granzas de café, que forman parte de la base de la alimentación de nuestra larva.

Actualmente la recogida de residuos de las empresas del Polígono se hace de forma individual, por medio de empresas privadas de Gestión de Residuos. Según Recisur

(datos cedidos por las empresas) es una de ellas, que recoge los restos de las cooperativas en contenedores y los procesan.

Dado la gran cantidad de residuos plásticos producidos en este polígono, la ausencia de gestora de residuos próxima, la generación de residuos orgánicos como alimento para los gusanos, la superficie disponible para construir y la presencia de potenciales consumidores para nuestro producto, hacen de este polígono la ubicación idónea para instalar nuestro negocio.

### 3.3. TENEBRIO MOLITOR

#### 3.3.1. Ciclo de vida

El Tenebrio Molitor, normalmente conocido como Gusano de la Harina, es un insecto de orden coleóptero, de la familia de los Tenebroidae. Como todos los coleópteros, sufre una metamorfosis completa, es decir, es un insecto holometábolo.

Desde que sale del huevo, pasa por la fase larvaria, se convierte en pupa y finalmente llega a imago (escarabajo), último estadio del desarrollo de los insectos. En esta última fase es donde alcanza la etapa adulta y se desarrollan los sexos para poder reproducirse.

El ciclo de vida de estos insectos se puede esquematizar de la siguiente manera:

1. Puesta tras la cópula a los 8 días
2. Incubación del huevo de 5 a 7 días
3. Vida de larva de 6 a 7 semanas
4. Fase de pupa de 6 a 10 días
5. Fertilidad del escarabajo a partir de 10 o 12 días
6. Vida del escarabajo de 1 a 3 meses

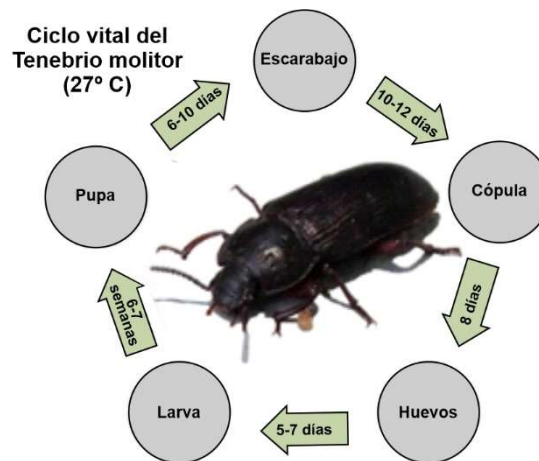


Ilustración 8 Ciclo de vida del Tenebrio Molitor (AlimentovivoSamsa, 2022)

Una vez sale de la pupa y se convierte en escarabajo, es sexualmente activo (salvo los primeros días de vida) y una hembra puede poner hasta 500 huevos. Esta etapa final del ciclo de vida dura entre 4 y 12 semanas.

### 3.3.2. Necesidades de crianza

#### 3.3.2.1. Condiciones climatológicas.

La cría de Tenebrio Molitor, al igual que todos los seres vivos, necesita unas condiciones determinadas para una crianza adecuada. Según la investigación de Flórez y Uribe (2019) las condiciones psicrométricas idóneas deben estar en un rango de temperatura entre 25 – 28°C y un porcentaje de humedad entre 40-70%. También indica que hay que separar por estadios la crianza de forma que no se produzca depredación entre larvas en distinta fase de su ciclo de vida. Otro factor a tener en cuenta para un mejor desarrollo es la luminosidad, estos animales prefieren ambientes oscuros.

#### 3.3.2.2. Alimentación.

Los gusanos de la harina (Tenebrio molitor), al ser de la familia de los descomponedores, pueden alimentarse de desechos orgánicos y como venimos anunciando de ciertos productos inorgánicos. Esto es una gran ventaja, ya que no es necesario establecer una dieta estricta o difícil de conseguir. Los gusanos pueden transformar los residuos en alimentos altos en proteína y generar nutrientes de alta calidad (Corona, 2021).

La alimentación es un factor importante, ya que, si en su dieta falta agua, estos animales pueden recurrir al canibalismo. Esto es muy importante a tener en cuenta, puesto que, si se presenta el canibalismo, reduce el número de gusanos.

Para aumentar el tiempo de la fase larvaria, algunos criadores añaden a su alimento hormonas jóvenes.

Otro posible alimento para el Tenebrio Molitor es el plástico. Numerosos estudios demuestran la capacidad del Tenebrio Molitor para degradar el plástico, como lo es el de Tomada de Molina, Flores y Hermosillo, (2016). Las investigaciones de Álvarez y Botache (2020), confirman la degradación del plástico por medio de la larva de Tenebrio Molitor. Su estudio igual que el anteriormente mencionado demuestran que es el poliestireno el polímero que más cantidad son capaces de transformar.

Según el estudio de Álvarez y Botache (2020), el cambio de dieta a una compuesta únicamente por poliestireno puede producir cambios de tamaño y color del coleóptero, pero no afecta a su salud y reproducción.

En el entorno del polígono se dispone de residuos plásticos de las empresas, restos de granzas de café de los bares que se ubican en el parque industrial y restos orgánicos de la actividad agrícola de las cooperativas. Productos útiles para una buena alimentación de este gusano.

Teniendo en cuenta todos estos datos, la dieta de nuestros gusanos se basará en residuos plásticos de baja densidad y restos orgánicos provenientes de las cooperativas, así como granzas de café (que aportarán la hidratación necesaria para evitar el canibalismo).

### 3.3.3. Biodegradación de plástico por el Tenebrio Molitor.

Como hemos mencionado con anterioridad, el Tenebrio Molitor es capaz de biodegradar algunos tipos de polímeros, esto ha sido demostrado con varios estudios.

Según estudio de Molina et al (2016), en un experimento de 45 días, 23 larvas son capaces de biodegradar el 96% de 10g de poliestireno, produciendo un 8% de materia fecal.

El estudio de Chávez et al. (2022) arroja otros datos, reflejados la tabla 3.

En el caso del estudio de Davirán (2017), alimenta a las larvas de Tenebrio Molitor con dos tipos de EPS (Espuma de Poliestireno), el primero de densidad  $10\text{kg/m}^3$  y el segundo de densidad  $40\text{kg/m}^3$ . De este estudio se concluye que la cantidad de polímero consumido es directamente proporcional a la densidad, pues con el mismo número de gusanos, se degrada más EPS en el experimento con uno de mayor densidad.

En 8 días, 40 larvas consumen 0,146g de EPS de 2,9115g de una muestra inicial y produce 0,1635g de excreta.

Tratamientos	Repeticiones	Cantidad inicial Tenebrios	Cantidad final de Tenebrios	Peso, A inicial (mg)	Peso, A final (mg)	Consumo total de plástico (mg)	Masa excretada	% eficiencia	consumo/deposición	% supervivencia
EPS	1	16	5	218	93,1	124,9	306,1	57,2	0,4	31,2
PEBD	1	16	8	21,3	20,7	0,6	156,3	2,8	0,32	50
AVENA + EPS	1	16	1	102,9	41,6	61,3	397,9	59,5	0,4	6,2
AVENA + PEBD	1	16	5	10	9	1	175,6	10	3,83	31,2
EPS + PEBD	1	16	1	76,8	10	70,13	254,9	91,3	0,01	6,2
EPS	2	16	1	198,4	102	96,4	292,9	48,5	4,77	6,2
PEBD	2	16	1	24	23,3	0,7	43,1	2,91	0,15	6,2
AVENA + EPS	2	16	2	104	22,9	81,1	490,6	77,9	0,16	12,5
AVENA + PEBD	2	16	3	10,7	10,4	0,3	165,1	2,8	0,15	18,7
EPS + PEBD	2	16	3	73,8	8,8	67,93	283,9	92	5,69	18,7
EPS	3	16	1	214,1	97,9	116,2	286,3	54,2	1,81	6,2
PEBD	3	16	3	20,9	19,8	1,1	230,4	5,2	5,96	18,7
AVENA + EPS	3	16	2	95	17	78	500	82,1	0,41	12,5
AVENA + PEBD	3	16	3	11,7	10,09	0,8	134,2	6,8	0,35	18,7
EPS + PEBD	3	16	5	70	8,1	64,6	271,6	92	0,35	31,2

Tabla 3 Resultados experimentales degradación de polímero con Tenebrio Molitor en 22 días. Fuente Chávez et al. (2022).

Comparando los diferentes resultados de los experimentos de diferentes autores, los tiempos y el número de gusanos:

	Chávez et al	Molina et al	Davirán	WU
<b>mg de PS consumido por gusano/día</b>	0,330	9,275	0,456	0,39
<b>Duración del experimento en días</b>	22	45	8	31
<b>Número de larvas</b>	16	23	40	100

Tabla 4 Comparación de experimentos degradación de PS con Tenebrio Molitor. Fuente Elaboración propia (2022).

Esto demuestra lo que afirman los estudios de Yang-yang (2015) que el consumo de plástico es progresivo y cuanto más dura el experimento y mayor número de larvas hay más plástico consumen. Aunque los datos del estudio más importante realizado de este consumo es el de Wei-Min Wu, indican que el consumo medio es de **0,39mg** al día que se aproxima más a los datos de los dos estudios menores.

Según el estudio de Hermsillo et al. (2016), la cantidad de guano producida es del 8% del polímero consumido. Lo que supone **31,2 x 10<sup>-6</sup> g** de guano producido por gusano diariamente.

### 3.4. ESTUDIO DE MERCADO

#### 3.4.1. Tenebrio Molitor.

Es su fase larvaria la que más interés y aplicación tiene. Aunque este gusano se reconoce como una plaga (Topinsect, 2022) que afecta a las reservas de harina, trigo y otros alimentos, los campos de mercado del “Gusano de la Harina” son muy amplios.

Puede usarse como cebo para pesca, alimento animal o recientemente reconocido por la Comisión Europea (CE) como alimento humano gracias a su alto contenido proteínico.

Este gusano principalmente se viene vendiendo como alimento para reptiles (Wikiwand, 2022). Aunque también se usa como suplemento alimenticio en animales de granja por su alto contenido proteínico. Por su alto contenido lipídico, su abuso puede producir desajustes en el metabolismo. También se vende como cebo vivo para la pesca. La empresa Proteinsecta, especializada en la cría de insectos en España, comercializa la larva de Tenebrio Molitor sobre todo en el ámbito de la acuicultura, aunque también como alimentación de animales exóticos.

Algunas de las tiendas que lo comercializan son *Insectalia*, *Tiendagrillos* o *Monanimal*.

En 2021, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), ha avalado estas larvas como alimento humano. (El Norte, 2022) Y en varios países ya se están comercializando varios alimentos preparados a base de Tenebrio Molitor y su uso se ha extendido al campo de los alimentos para astronautas, pues supone una alta concentración de proteínas en un espacio muy reducido. El problema que genera la superpoblación hace que este mercado se esté investigando cada vez más, los alimentos de los que actualmente tomamos las proteínas necesitan grandes extensiones de suelo.

En el artículo de opinión científica de Turk et al (2021) para la revista EFSA, varios especialistas avalan la normativa de la UE de aceptación del Tenebrio Molitor como alimento humano, hacen referencia al contenido proteínico del gusano y otras propiedades favorables de esta especie.

Otro de los campos en desarrollo, es la comercialización del guano(excremento) producido por estos gusanos, que se encuentra en un momento de auge usado como fertilizante orgánico (Poveda J., 2018). Supone un gran aporte de nutrientes y protege las plantas frente a plagas. En España, la empresa *Galínsect*, que cría este gusano como alimento para otras especies, está comercializando el *Verme* Ditoso, abono derivado de la cría del Tenebrio Molitor.

Al igual que el resto de los subproductos de la cría del gusano de la harina, el exoesqueleto del escarabajo se puede revalorizar, puesto que se emplea para extraer quitosano o Chitosan, una sustancia muy demandada en la industria cosmética y farmacéutica. (Protiberia, 2023)

Pero lo que más nos interesa a nosotros es que estas larvas son capaces de alimentarse de diferentes polímeros y transformarlos en CO<sub>2</sub> y materia orgánica(guano). Más aún, recientes estudios como el de WU (2019) han determinado que 48h después de la ingesta de plástico no queda resto de polímeros en el organismo de estos animales.

### 3.4.2. Sistemas de cría de Tenebrio Molitor.

Actualmente se cría este gusano en granjas industriales (como Galinsect) o domésticas. El sistema de cría es muy similar. Se disponen varias cajas o recipientes en vertical unos sobre otros, donde se ubicarán por separado los escarabajos, los gusanos en diferentes etapas y las pupas (Telemadrid, 2022).



*Ilustración 9 Granja Industrial de Tenebrio Molitor. Fuente El Progreso (2022)*

Para separar las fases de cría se deben tener en cuenta varias consideraciones a la hora de dimensionar las rendijas:

- Según Proteinsecta (2022) estos huevos tienen un diámetro de aproximadamente 1mm.
- Según la tienda de Insectopolis (2022) el filtro para el guano tiene un diámetro de 0,40mm.
- Insectópolis (2022) nos indica que las pupas tienen un grosor mínimo de 7 mm.



*Ilustración 10 Criba de pupa. Fuente Insectopolis (2022).*

En los sistemas actuales se separan en diferentes cajas los escarabajos, los huevos y las larvas, algunos separan también las larvas en diferentes cajas de forma que cuánto más viejas son las larvas de la caja más pupas se encuentran entre ellas.

Las cajas donde se aloja el Tenebrio Molitor pueden tener distintas formas y medidas. Según la forma de colocarlas estos son algunos de los ejemplos:



*Ilustración 11 Granja doméstica de cría de gusanos. Fuente Mano Mano (2022)*



*Ilustración 12 Cajas para cría de Tenebrio Molitor con filtro para guano. Fuente Alibaba 2022.*

Estas cajas están fabricadas en Polietileno de alta densidad (Manomano, 2022) o Polipropileno (Proteinsecta, 2022).

Las cribas comerciales están hechas del mismo material, siendo la misma caja con un fondo de malla metálica (Alibaba 2022), otras son fabricadas en madera por corte laser (Insectopolis, 2022).

Las estanterías donde se colocan las cajas en los sistemas de cría industrial pueden estar fabricadas de madera o de acero (Proteinsecta, 2023).

### 3.4.2.1. Nuestro sistema de cría.

Teniendo en cuenta el ciclo de vida del Tenebrio Molitor, especificado en el punto 3.2.1., la organización de las cajas que estableceremos en cada conjunto será de dos columnas en las que las cajas se distribuyen así:

- Caja superior con escarabajo.
- 2ª caja huevos
- 3ª caja huevos en eclosión y larvas
- 5ª-9ª caja larvas

De este modo establecemos un ciclo de cría por cada 9 cajas.



*Ilustración 13 Granja para cría doméstica de Tenebrio Molitor. Fuente Insectopolis (2022)*

### 3.4.3. Estudio ergonómico de la manipulación de cargas.

Para diseñar los recipientes que usaremos para la cría del Tenebrio Molitor, uno de los principales puntos a tener en cuenta es que estas cajas deben ser manipuladas por los operadores y por tanto deberán cumplir unos requisitos ergonómicos.

Los tamaños deben ser adecuados para que cualquier trabajador pueda realizar la labor. Para que el estudio ergonómico sea el adecuado debemos ajustarnos a un percentil 5, de forma que la mayoría pueda coger la caja por anchura o por altura. Pues una persona alta puede alcanzar lo mismo que una baja, pero una baja no lo que un alta, o una persona con mayor apertura de brazos puede coger lo mismo que una con menor apertura, pero no al contrario.

Según investigaciones de Panero y Zelnik (2009), el percentil 5 para anchura de codo a codo se puede reflejar en esta tabla:

	De 25 a 34 años	De 35 a 44 años	De 45 a 54 años	De 55 a 64 años
<b>Hombres</b>	34,8 cm	35,8 cm	35,8 cm	35,8 cm
<b>Mujeres</b>	31,5 cm	31,8 cm	32,3 cm	34,0 cm

*Tabla 5 Percentil 5 anchura de codo a codo. Fuente Panero & Zelnik (2009)*


Para las posiciones del brazo lo evaluamos en diferentes posiciones. Obtenemos el percentil 5 general por cada sexo.

	Distancia brazo extendido de frente desde espalda	Distancia brazo extendido lateral desde eje centro del cuerpo	Alcance vertical asimilado desde el pie
<b>Hombres</b>	75,4 cm	73,7 cm	195,1 cm
<b>Mujeres</b>	67,6 cm	68,6 cm	185,2 cm <sup>o</sup>

*Tabla 6 Percentil 5 Dimensiones funcionales del cuerpo. Fuente Panero & Zelnik (2009)*

Según la Guía Técnica del INSHT sobre *Manipulación Manual de Cargas*, se deben seguir ciertos consejos para evitar las lesiones en el trabajo. Amparándose en el Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud, se ha desarrollado una guía acompañada de un estudio ergonómico para dar las instrucciones necesarias para hacer del lugar de trabajo un entorno más seguro.

Hay que tener en cuenta el peso máximo recomendado para cada posición del cuerpo.



Altura de la cabeza	13	7
Altura del hombro	19	11
Altura del codo	25	13
Altura de los nudillos	20	12
Altura de media pierna	14	8

Ilustración 14 Pesos máximos recomendados. Fuente *prevenciondocente.com* (2022)

Esta guía también indica el tamaño máximo aconsejable para las dimensiones de una carga. Siendo el ancho de agarre máximo de 60 cm y la profundidad de 50 cm.

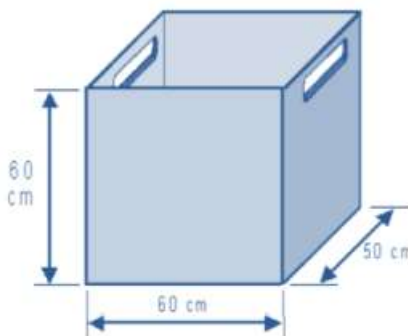


Ilustración 15 Dimensiones aconsejables carga. Fuente *Guía de Manipulación Manual de Cargas*

En cuanto a la altura de trabajo se recomienda no coger cargas por encima de 175 cm. Esto puede influir en el diseño de la estantería en la que se colocarán las cajas, pero siempre podremos salvar este problema usando una plataforma elevadora.

#### 3.4.4. Estudio de materiales para la fabricación de cajas.

Por su facilidad de fabricación, la resistencia y el bajo peso, podríamos escoger un material polimérico. Las granjas existentes en el mercado están compuestas de materiales poliméricos como Polipropileno (PP) (Proteinsecta, 2022), polietileno de alta densidad (Manomano, 2022) ...

El material para la fabricación de las cajas debe ser un material duro y denso, pues la madera, los polímeros de baja densidad, o el cartón pueden ser mordidos por los gusanos (Topinsect, 2022). Otro material que no recomendable es el metal, puesto que sometido a cierta humedad se puede oxidar.

Un material a destacar si nos fijamos en la gráfica de la *Ilustración 4* el polímero que menos impacto ambiental tiene y además sabiendo que es duro y denso, es el Polipropileno. Es un material muy interesante, es reciclable (Ecoembes, 2021), y también existe la opción de fabricarlo de PP reciclado.

### 3.4.5. Estudio de materiales para la fabricación de estanterías.

En el caso de las estanterías para colocar las cajas de cría, el material no estará en contacto con el gusano, por tanto, podremos usar cualquiera que soporte el peso de las cajas.

Los materiales más resistentes pueden ser el metal y la madera.

Las ventajas del acero en esta aplicación son:

- Mejor acabado sin necesidad de barnices, que permite que las cajas se muevan en los raíles.
- Mayor resistencia.
- Mejor reparabilidad.

Las ventajas de la madera para nuestra aplicación son:

- Menor peso de la estantería.
- Menor impacto ambiental.
- Material económico.

### 3.4.6. Encuestas.

#### 3.4.6.1. Encuesta pública sobre la preocupación medioambiental en la industria.

Hemos realizado una breve encuesta pública con 4 preguntas sobre la opinión de la gente respecto a la contaminación y el impacto ambiental de la industria. Se les ha pedido una valoración del 1 al 5, siendo 1 en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo, sobre los aspectos cuestionados. Los resultados han sido los siguientes:

Las preguntas y las respuestas de los encuestados son las siguientes:

- **¿Crees que las empresas generan excesivos residuos plásticos?**

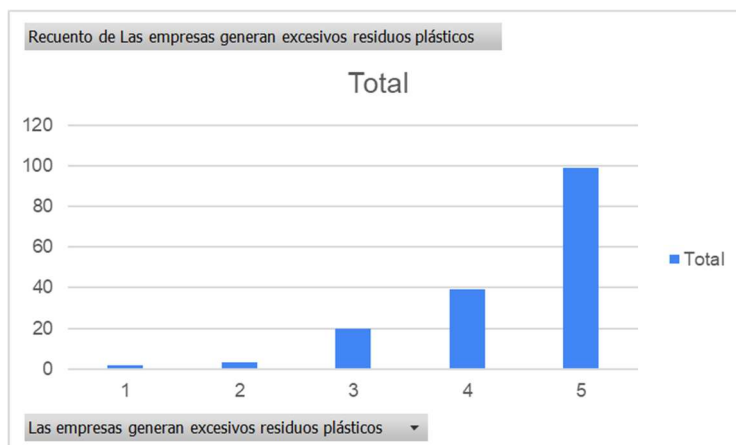


Ilustración 16 Respuesta pregunta 1 encuesta público.  
Fuente Elaboración propia (2022).

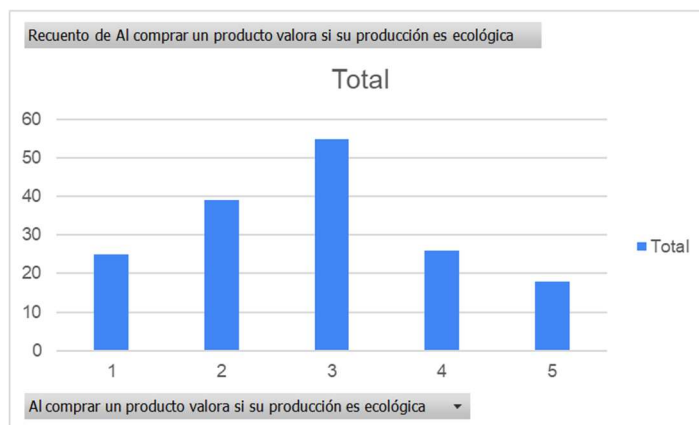


- **¿Valoras más una empresa si tiene una etiqueta o una marca ecológica?**

*Ilustración 17 Respuesta pregunta 2 encuesta público. Fuente Elaboración propia (2022).*

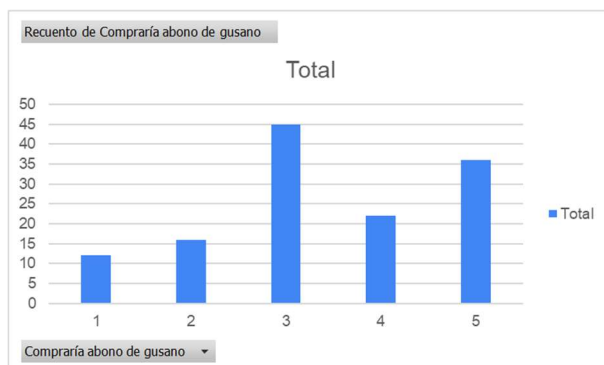
- **Cuando compras un producto, ¿sueles valorar si su producción ha sido respetuosa con el medioambiente?**

*Ilustración 18 Respuesta pregunta 3 encuesta público. Fuente Elaboración propia (2022).*



- **Si usted se dedica a las labores agrícolas o practica la jardinería, ¿estaría interesado en comprar guano de gusano?**

*Ilustración 19 Respuesta pregunta 4 encuesta público. Fuente Elaboración propia (2022).*



La media de las respuestas obtenidas podemos verla reflejada en este gráfico:

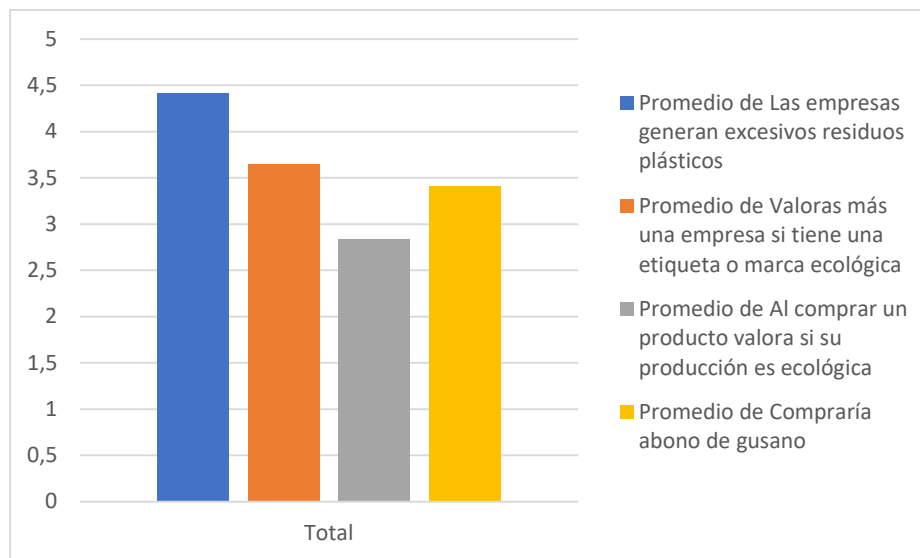


Ilustración 20 Gráfico con promedio de las respuestas de la encuesta. Fuente Elaboración propia (2022).

### → **Conclusiones.**

De las respuestas podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Una gran mayoría de la gente piensa que las empresas generan excesivos residuos.
- La gente no tiene muy en cuenta si la producción de un artículo ha sido más o menos ecológica.
- Los agricultores o aficionados a la jardinería comprarían abono de gusano.

#### **3.4.6.2. Encuesta a las empresas del polígono Manzanil.**

Una vez obtenidos los resultados de la encuesta al público, los recogemos y realizamos una nueva encuesta muy breve a las 4 grandes empresas del polígono Manzanil.

En esta encuesta les explicamos nuestra propuesta de economía circular para revalorizar sus residuos plásticos, y a partir de esta explicación, y usando las respuestas de la anterior encuesta, realizamos 4 preguntas a estas empresas.

Las preguntas y las respuestas son las siguientes:

Partiendo de estos datos, se ha enviado otra pequeña encuesta a las 4 grandes empresas del polígono donde se les explicaba nuestro proyecto de economía circular para revalorizar sus residuos plásticos. A continuación, reflejamos preguntas y respuestas.

- **¿Cómo valoras nuestra propuesta como medida de reducción de residuos plásticos y revalorización de éstos?**

4 respuestas

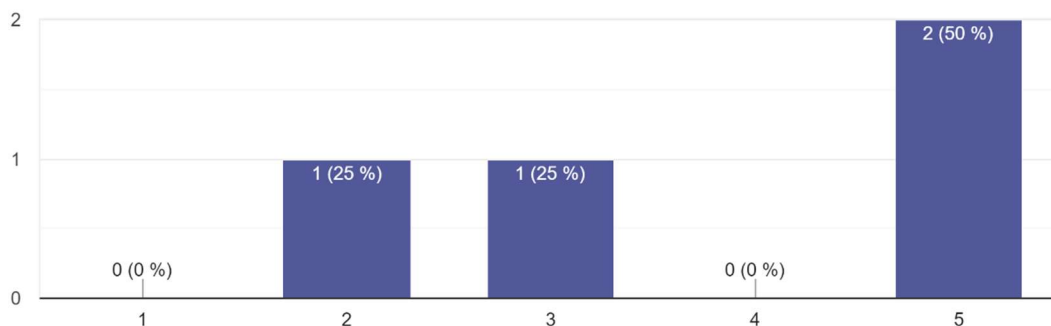


Ilustración 21 Respuesta pregunta 1 del cuestionario a las empresas. Fuente Elaboración propia (2022)

- **Presentamos los resultados de la pregunta 1 de la encuesta pública dónde una gran mayoría piensa que la industria genera excesivos residuos plásticos. Preguntamos si cree que se puede mejorar este aspecto.**

4 respuestas

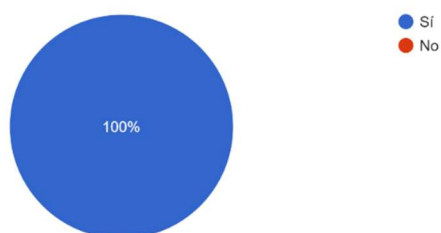


Ilustración 22 Respuesta pregunta 2 del cuestionario a las empresas. Fuente Elaboración propia (2022).

- **Presentamos las respuestas a la pregunta 2 de la encuesta al público, dónde la mayoría está de acuerdo con que valora más una empresa con una etiqueta o marca ecológica. Le preguntamos si estarían dispuestos a cambiar de gestora de residuos y adherirse a nuestro ecoindicador.**

4 respuestas

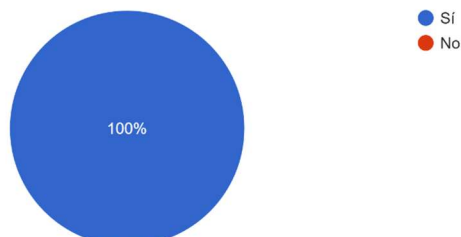
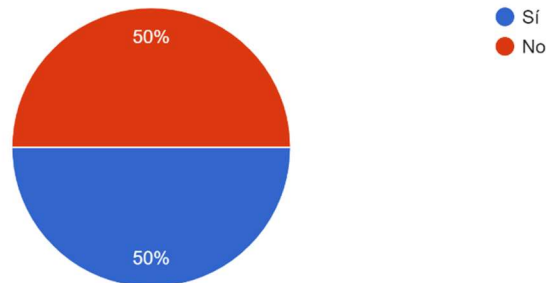


Ilustración 23 Respuesta pregunta 3 del cuestionario a las empresas. Fuente Elaboración propia (2022).

- **Presentamos las respuestas a la pregunta 4 de la encuesta al público dónde la mayoría de los agricultores o aficionados a la jardinería afirman que comprarían abono de gusano. Preguntamos que, si son empresas agrícolas, estarían dispuestas a vender este abono.**

2 respuestas



*Ilustración 24 Respuesta pregunta 4 del cuestionario a las empresas. Fuente Elaboración propia (2022).*

### → **Conclusiones**

Las empresas son conscientes de que pueden mejorar su impacto ambiental y reducir la generación de residuos. De cara a la medida propuesta, se valora el aspecto de la reducción de residuos plásticos, no tanto así la venta del guano producido.

## **4. LEGISLACIÓN APLICABLE A NUESTRA GRANJA DE GUSANOS.**

Nuestra granja de gusanos necesitará suministrarse de residuos plásticos, por lo cual deberemos aplicar la legislación competente a este aspecto.

- Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases (Normativa nacional).
  - Proyecto de Real Decreto, de Envases y Residuos de Envase (septiembre, 2021)
- Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía
- Ordenanza Municipal de Limpieza, Salubridad Pública y Gestión de Residuos Urbanos (Ayto. Loja, 2015).

Hay muy poca legislación específica en el tema de vermicultura (tratamiento de residuos por medio de lombrices que los transforman en abono), que es el ámbito actual más semejante a nuestra labor. Referente a ello, la legislación aplicable es:

- Real Decreto 865/2010, de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo. (Normativa nacional)
- Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. (Normativa nacional)
- Acuerdo de Mesa: Procedimiento para la Ordenación Sectorial de Invertebrados Terrestres.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). Documento de Preguntas y Respuestas sobre la Normativa al Uso de Insectos en Alimentación Animal.

En términos administrativos y generales a cumplimentar:

- Ley 3/2014, de 1 de octubre, de medidas normativas para reducir las trabas administrativas para las empresas. (Normativa autonómica)
- Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (Normativa autonómica)

La normativa regidora del ámbito constructivo y de instalaciones en el lugar de trabajo:

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. (RITE)

Por la escasez de normativa aplicable a este tipo de trabajo, le he hecho una consulta al MAPA y siguiendo sus indicaciones, como bien indica el Documento de Preguntas y Respuestas anteriormente mencionado, si el gusano se alimenta a base de plástico, no podrá ser usado posteriormente como alimento para otros animales. Deberíamos limitarnos a usarlo como degradador de plástico y productor de guano. Aunque pudiera ser que la normativa cambiara ya que estudios como el de WU (2019) confirman que, a las 48h de la ingesta, el plástico ya ha sido eliminado de su organismo.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

Granja de insectos | Cría y venta de Tenebrio molitor. (2022, 25 septiembre). Galinsect. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://galinsect.es/>

Proteinsecta. (2022, 27 junio). Consultoría para la Creación de Granjas de Insectos. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://proteinsecta.es/>

PORTOCARRERO ESTRADA, F. (s. f.). BIODEGRADACIÓN DE POLIESTIRENO CON TENEBRIO MOLITOR PARA LA SOSTENIBILIDAD DE EMPRESAS [TFG]. UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA. [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9025/Biodegradacion\\_PortocarreroEstrada\\_Franco.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9025/Biodegradacion_PortocarreroEstrada_Franco.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Poveda, J. (2018). Nuevos abonos a partir de excrementos de insecto: el caso del gusano de la harina (Tenebrio molitor). Ingeniería y Región, 19(1657-6985). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6973427>

Palou, N. (2019, 21 diciembre). Gusanos devoradores de plástico, una pequeña solución para un gran problema. La Vanguardia. Recuperado 13 de octubre de 2022, de <https://www.lavanguardia.com/natural/20191220/472370137003/gusanos-devoradores-plastico-pequena-solucion-gran-problema.html>

Tenebrio molitor. (s. f.). Wikiwand. Recuperado 19 de octubre de 2022, de [https://www.wikiwand.com/es/Tenebrio\\_molitor](https://www.wikiwand.com/es/Tenebrio_molitor)

Metamorfosis y ciclo vital del gusano de la harina. (s. f.). Recuperado 19 de octubre de 2022, de [https://www.alimentovivosamsa.com/blog/102\\_metamorfosis-y-ciclo-vital-del-gusano-de-la-h.html](https://www.alimentovivosamsa.com/blog/102_metamorfosis-y-ciclo-vital-del-gusano-de-la-h.html)

Colaboradores de Wikipedia. (2022, 3 octubre). Plástico. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 22 de octubre de 2022, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Pl%C3%A1stico>

Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos. (s. f.). Qué son los plásticos. CAIRPLAS. Recuperado 2 de noviembre de 2022, de <https://cairplas.org.ar/plasticos/>

Historia de los plásticos. (2014, 7 marzo). Abc Pack. Recuperado 24 de octubre de 2022, de <https://www.abc-pack.com/enciclopedia/historia-de-los-plasticos/>

DIFJ610320. (2008, 20 enero). HISTORIA DEL PLASTICO. YouTube. Recuperado 24 de octubre de 2022, de HISTORIA DEL PLASTICO

García, S. & San Andrés, M. (2016, 11 enero). El Plástico como Bien de Interés Cultural: Aproximación a la historia y composición de los plásticos de moldeo naturales y artificiales. Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 34919, 87-102. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/34919/1/PH-EI%20Pla%CC%81stico%20como%20Bien%20de%20Intere%CC%81s%20Cultural.pdf>

esPlásticos. (2021, 20 septiembre). La historia de los plásticos. EsPlásticos. <https://esplasticos.es/2020/11/13/la-historia-de-los-plasticos/>

Parkesina -. (s. f.). Historias de Empaques. Recuperado 24 de octubre de 2022, de <https://historiasdeempaques.wordpress.com/tag/parkesina/>

Ciencias para el mundo contemporáneo. (s. f.). Recuperado 24 de octubre de 2022, de [http://www3.gobiernodecanarias.org/aciisi/cienciasmc/web/u8/contenido4.8\\_u8.html](http://www3.gobiernodecanarias.org/aciisi/cienciasmc/web/u8/contenido4.8_u8.html)

S.L, H. D. B. S. A. (2019, 6 diciembre). La historia del PVC. Hijos de benigno san antonio s.l. Recuperado 24 de octubre de 2022, de <https://www.ferromadrid.es/blog/la-historia-del-pvc>

Miranda, D. (2022, 3 julio). 20 datos sobre el problema del plástico en el mundo. [www.nationalgeographic.com.es](http://www.nationalgeographic.com.es). Recuperado 24 de octubre de 2022, de [https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/20-datos-sobre-problema-plastico-mundo\\_15282](https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/20-datos-sobre-problema-plastico-mundo_15282)

DKV. (2021, 29 junio). Tipos de plásticos: clasificación y reciclaje. <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/reciclaje/tipos-de-plasticos-clasificacion-reciclaje>

Ecoembes. (2021, 11 agosto). Tipos de plásticos. ¿Cuales son reciclables? | Ecoembes. <https://ecoembesdudasreciclaje.es/tipos-de-plasticos/>

Greenpeace. (s. f.). Plásticos. Greenpeace España. Recuperado 25 de octubre de 2022, de <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/>

Buteler, M. (2019, diciembre). ¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos? Desde la Patagonia. Difundiendo Saberes. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109678/CONICET\\_Digital\\_Nro.9fbc68cb-0eb2-4000-b7f6-ac241af6e3f0\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109678/CONICET_Digital_Nro.9fbc68cb-0eb2-4000-b7f6-ac241af6e3f0_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

National Geographic. (2020, 23 enero). ¿Dónde usamos los plásticos? [www.nationalgeographic.com.es](http://www.nationalgeographic.com.es). [https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/grandes-reportajes/donde-usamos-plasticos\\_12717](https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/grandes-reportajes/donde-usamos-plasticos_12717)

Gusanos de la harina. (s. f.). Topinsect. Recuperado 2 de noviembre de 2022, de <https://www.topinsect.net/m/Gusanosdelaharina-5p23.php>

Elías, R. (2015). MAR DEL PLÁSTICO: UNA REVISIÓN DEL PLÁSTICO EN EL MAR. INVEST. DESARR. PESQ. [https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/10964/RevINIDEP27\\_83.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/10964/RevINIDEP27_83.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

PlasticsEurope. (2020). Plásticos-Situación en 2020. [https://plasticseurope.org/es/wp-content/uploads/sites/4/2021/11/ES\\_Plastics\\_the\\_facts-WEB-2020\\_May21\\_final\\_updatedJuly2021.pdf](https://plasticseurope.org/es/wp-content/uploads/sites/4/2021/11/ES_Plastics_the_facts-WEB-2020_May21_final_updatedJuly2021.pdf)

Guerra, P. (2011). Análisis de retardantes de llama emergentes y su impacto en el medio ambiente y en humanos [Tesis]. Universitat de Barcelona.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2017). Éteres de Polibromodifenilos. En Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Atlanta, GA. (GA 30329-4027). [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs207.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs207.pdf)

Organización de las Naciones Unidas. (2017, 12 mayo). La ONU lucha por mantener los océanos limpios de plásticos. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2017/05/1378771>

Anel lides, Serveis Ambientals Marins. (2020, 17 julio). Islas de plástico. Anellides. <https://anellides.com/es/blog/islas-de-plastico/>

Álvarez, D. & Botache, L. (2020). BIODEGRADACIÓN DE PLÁSTICO CON LARVAS DEL COLEÓPTERO *Tenebrio molitor* COMO UN APORTE INTERDISCIPLINAR A LA BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL. [TFG]. UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA BOGOTÁ D.C.

[http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12205/Biodegradacion\\_de\\_Plastico\\_con\\_Larvas\\_Tm%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12205/Biodegradacion_de_Plastico_con_Larvas_Tm%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Villen, M. (2019, 4 marzo). Todos comemos plásticos. ¿Conoces su repercusión? Blog Conasi. <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/salud-social/todos-comemos-plasticos/>

Plastics Applications. (s. f.). British Plastics Federation. Recuperado 27 de octubre de 2022, de <https://www.bpf.co.uk/plastipedia/applications/Default.aspx>

Wu, W. (2019). Fate of Hexabromocyclododecane (HBCD), A Common Flame Retardant, In Polystyrene-Degrading Mealworms: Elevated HBCD Levels in Egested Polymer but No Bioaccumulation. *Environmental Science & Technology*, 54(1), 364-371. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b06501>

Norte, E. (2022, 13 julio). Estos son los insectos autorizados para consumo humano en la UE. El Norte de Castilla. <https://www.elnortedecastilla.es/sociedad/insectos-autorizados-consumo-20220713195703-nt.html>

Montero, C. & Megías, F. (2018, 2 agosto). El descubrimiento de los plásticos: De solución a problema ambiental. *Letras ConCiencia Tecnológica*, 80-96. <https://revistas.itc.edu.co/index.php/letras/article/view/51>

Crespy, D., Bozzonet, M. & Meier, M. (2008, 14 abril). 100 Years of Bakelite, the Material of a 1000 Uses. *Angewandte Chemie International Edition*, 80-96. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/anie.200704281>

El Corto. (2020, 26 julio). Seis empresas lojeñas entre las 1.200 que más facturan en Andalucía. <http://www.elcortodigital.es/noticia/seis-empresas-lojenas-entre-las-1.200-que-mas-facturan-en-andalucia>

Europa Press. (2020, 26 mayo). Carrefour comercializa más de 307.000 kilos de espárrago verde, un 39% más que el año pasado. <https://www.europapress.es/economia/noticia-carrefour-comercializa-mas-307000-kilos-esparrago-verde-39-mas-ano-pasado-20200526153557.html>

La Plaza Digital. (2022, 28 octubre). Loja ha perdido, en nueve años, 104 empresas dedicadas a la industria, la construcción, el comercio, la hostelería y el transporte. [https://laplazadigital.es/loja-ha-perdido-en-nueve-anos-22-empresas-dedicadas-a-la-industria/?fbclid=IwAR2Pbrev\\_9g2jCW6nnhO1C3rmWvvYKa6ihzZqwnrzHyFVY0rfxYXeNfjnWE](https://laplazadigital.es/loja-ha-perdido-en-nueve-anos-22-empresas-dedicadas-a-la-industria/?fbclid=IwAR2Pbrev_9g2jCW6nnhO1C3rmWvvYKa6ihzZqwnrzHyFVY0rfxYXeNfjnWE)

Mijangos, C. (2020). 100 años de Ciencia de Polímeros en el mundo, 73 años en nuestro país. Avances en la Academia y en la Industria, 4, 214-222. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8109366>

Arbeláez, C. (2017, 14 diciembre). El material eterno que volvimos desechable. Semana. <https://www.semana.com/opinion/articulo/plastico-el-material-eterno-que-volvimos-desechable/39174/>

Un estudio alerta del grave impacto ambiental de la industria del plástico. (2019, 20 junio). Residuos Profesional. <https://www.residuosprofesional.com/estudio-impacto-ambiental-plastico/>

Center of Environmental International Law, Environmental Integrity, FracTracker Alliance, Global Alliance for Incinerator Alternatives, 5 Gyres & Break Free From Plastic. (2019). Plastic & Climate. The Hidden Costs of a Plastic Planet [Estudio]. <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/05/Plastic-and-Climate-FINAL-2019.pdf>

Consecuencias de la producción de plástico en el medio ambiente. (2016, 20 noviembre). Ecología Hoy | Medio ambiente, ecología y reciclado. <https://ecologiahoy.net/medio-ambiente/consecuencia-de-la-produccion-de-plastico-en-el-medio-ambiente/>

Flórez, S. L. & Uribe, P. A. (2019). Desarrollo de un sistema de ambiente controlado para la producción y cría de Tenebrio Molitor y Zophoba Morio [Tesis]. Universidad de Cundinamarca. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2847/Informe%20Desarrollo%20de%20un%20ambiente%20controlado%20para%20la%20produccion%20y%20cria%20de%20tenebrio%20molitor%20y%20zophoba%20morio.pdf?sequence=1>

Roig, P. (2019). Puesta en marcha de una granja experimental para la cría de insectos destinados a alimentación [Tesis]. Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/86877/files/TAZ-TFG-2019-4453.pdf?version=1>

Secretaría de Medio Ambiente. (2021, 28 septiembre). PROYECTO DE REAL DECRETO, DE

ENVASES Y RESIDUOS DE ENVASES. [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/210927proyectordeenvases\\_tcm30531124.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/210927proyectordeenvases_tcm30531124.pdf)

Corona, M. A. (2021). DEFINICIÓN Y PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE CRIANZA Y ALIMENTACIÓN SELECTIVA DE TENEBRIO MOLITOR PARA SU FUTURO PROCESAMIENTO COMO PRODUCTO ALIMENTICIO NO CONVENCIONAL [TFG]. Mondragón de México. [https://repo.mondragonmexico.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/182/PFG%20\\_%20LIDI%20\\_%20Definici%c3%b3n%20y%20planteamiento%20de%20un%20sistema%20de%20crianza%20y%20...%20producto%20alimenticio%20no%20convencional%20I\\_%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repo.mondragonmexico.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/182/PFG%20_%20LIDI%20_%20Definici%c3%b3n%20y%20planteamiento%20de%20un%20sistema%20de%20crianza%20y%20...%20producto%20alimenticio%20no%20convencional%20I_%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Daviran, P. A. (2017). Biodegradación de la Espuma de Poliestireno por la larva del Tenebrio molitor para la producción de Abono [TFG]. UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22578/Daviran\\_YP.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22578/Daviran_YP.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Panero, J., Zelnik, M. & Castán, S. (2009). Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Gustavo Gili.

Turk, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Maciuk A, Mangelsdorf I, McArdle HJ, Naska A, Pelaez C, Pentieva K, Siani A, Thies F, Tsabouri S, Vinceti M, Cubadda F, Frenzel T, Heinonen M, Marchelli R, Neuhäuser-Berthold M, Poulsen M, Prieto Maradona M, Schlatter JR, van Loveren H, Ververis E and Knutsen HK (2021). Safety of frozen and dried formulations from whole yellow mealworm (Tenebrio molitor larva) as a novel food pursuant to Regulation. Efsa, 19(8). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6778>

Telemadrid. (2022, 7 marzo). Así es por dentro una granja que cría insectos para consumo animal y, en el futuro, humano. <https://www.telemadrid.es/programas/buenos-dias-madrid/dentro-granja-insectos-consumo-animal-2-2430076983--20220307114246.html>

Chávez Muñoz, J. C., Fernández Terán, R. A., Bravo Moreira, C. D., Intriago Miranda, N. M., Bello Moreira, I. P., Mendoza Cedeño, E. J., López Zambrano, C. F., & López Zambrano, P. I. (2022) Evaluación de poliestireno expandido (EPS) y polietileno de baja densidad (PEBD) como alimento para larvas de gorgojo negro (Tenebrio molitor). Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(4) 2369-2384. DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i4.2762](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2762)

Usón, A. A., & Bribián, I. Z. (2010). Ecodiseño y análisis de ciclo de vida (Vol. 178). Universidad de Zaragoza. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xFQgktQ6S8EC&oi=fnd&pg=PA1&dq=ecodise%C3%B1o&ots=Je9eArJnBB&sig=QytyZz3RglmSikZCUc5y4TxR5j0#v=onepage&q=ecodise%C3%B1o&f=false>

Papelera De Gusanos Personalizada Para Plantas De Jardín. (s.f.). Alibaba. Recuperado 19 de diciembre de 2022, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Customize-Worms-Bin-and-Worm-Composting-1600346104667.html>

Ecoembes. (2021, 11 agosto). Tipos de plásticos. Ecoembes dudas del reciclaje. Recuperado 19 de diciembre de 2022, de <https://ecoembesdudasreciclaje.es/tipos-de-plasticos/>

Suárez, S. (2017). Evaluación del impacto ambiental potencial generado en la producción de carne de pollo mediante la metodología de análisis ciclo de vida "ACV" por atributos de la puerta a la puerta [Tesis]. UNIVERSIDAD DE SANTO TOMÁS.

Heras, P. (2022). Eco-rediseño y desarrollo de asiento infantil, aplicando la metodología PROMISE [TFM]. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.

Análisis del ciclo de vida (ACV). (2014, 11 marzo). Medio Ambiente y Sostenibilidad. Recuperado 27 de diciembre de 2022, de [https://mediambient.gencat.cat/es/05\\_ambits\\_dactuacio/empresa\\_i\\_produccio\\_sostenible/estrategia\\_ecodisseny/ecodisseny/eines/eines\\_av/acv/](https://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/empresa_i_produccio_sostenible/estrategia_ecodisseny/ecodisseny/eines/eines_av/acv/)

Ecodiseño: Diseño de Productos-Servicios Sostenibles. (s.f.). Cámara de España. Recuperado 15 de enero de 2023, de <https://www.camara.es/innovacion-y-competitividad/como-innovar/diseno-sostenible>

Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía. (s. f.). <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2012/81/4>

Molina, F., Hermosillo, M., & Flores, K. P. (2016). Degradación de Polímeros con Tenebrio Molitor Segunda Fase de Investigación. [Tesis]. Instituto Mexicano Madero.

Protiberia, T. (2023, 13 marzo). De huevo a escarabajo: el ciclo de vida del Tenebrio | Protiberia. <https://protiberia.com/ciclo-de-vida-del-tenebrio/>

Granja de gusanos 4 bandejas 42x42x60 cm. (s. f.). manomano. Recuperado 10 de diciembre de 2022, de <https://www.manomano.es/catalogue/p/granja-de-gusanos-4-bandejas-42x42x60-cm-29275790>

Tienda - Insectopolis. (2021, 30 octubre). Insectopolis. <https://www.insectopolis.es/tienda/>

Aguayo, F., Pertalta, M. E., Lama, J. R., & Soltero, V. M. (2011). Ecodiseño. Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna (C2C) (RC Libros).

BRICOKING - LISTON ABETO 60X60X2400 - LISTONES - LISTONAJE - MADERAS Y REVESTIMIENTOS. (s. f.). BRICOKING. Recuperado 24 de abril de 2023, de <https://www.bricoking.es/maderas-y-revestimientos/listonaje/listones/liston-abeto-60x60x2400>

¿Quieres aprender a calcular el precio de un servicio de carpintería? (2023, 2 enero). Cronoshare. Recuperado 24 de abril de 2023, de <https://www.cronoshare.com/cuanto-cuesta/carpintero-servicio-carpinteria#:~:text=Por%20lo%20que%20parece%2C%20normalmente,20%20y%2025%20%E2%82%AC%2Fhora.>

Precios de termoformado - QuimiNet. (2023, 30 marzo). QuimiNet. Recuperado 24 de abril de 2023, de <https://www.quiminet.com/productos/termoformado-42477723/precios.htm>

Comprar pp Reciclado | Catálogo de pp Reciclado en SoloStocks. (s. f.). SoloStocks. Recuperado 24 de abril de 2023, de [https://www.solostocks.com/venta-productos/pp-reciclado\\_b](https://www.solostocks.com/venta-productos/pp-reciclado_b)

Capuz-Rizo, S., Gomez-Navarro, T., Vivancos, J.-L., & Viñoles-Cebolla, R. (2013). Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles. Universitat Politècnica de València.

Ensinger. (s. f.). Plásticos PP. Recuperado 27 de abril de 2023, de [https://www.ensingerplastics.com/es-es/semielaborados/plasticos-industriales/pp#:~:text=Los%20polipropilenos%20\(PP\)%20son%20pl%C3%A1sticos,ligeros%20y%20se%20puede%20soldar.](https://www.ensingerplastics.com/es-es/semielaborados/plasticos-industriales/pp#:~:text=Los%20polipropilenos%20(PP)%20son%20pl%C3%A1sticos,ligeros%20y%20se%20puede%20soldar.)

López, M. (2019). ¿Qué es un bosque sustentable? ExpokNews. <https://www.expoknews.com/que-es-un-bosque->



## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. ECODISEÑO

Para llevar a término este proyecto de la forma más sostenible deberé seguir una metodología de Ecodiseño. En el libro de Usón, A. A., & Bribián, I. Z. (2010) se define el Ecodiseño como el conjunto de acciones orientadas a la mejora medioambiental de un producto en la etapa inicial de diseño, mediante la mejora de la función desempeñada, la selección de materiales menos impactantes para su fabricación, la aplicación de procesos de mínimo impacto ambiental, la mejora en el transporte y el uso del producto, y la minimización de los impactos en la disposición final del producto.



Ilustración 25 Proceso de Ecodiseño del producto. Fuente Mercado (2023).

### 6.2. METODOLOGÍAS DE ECODISEÑO.

Existen diferentes metodologías de ecodiseño que nos indican cómo proceder en el diseño de un producto de forma ecológica. Se diferencian en los pasos a seguir o en la importancia que dan a una parte u otra.

#### 6.2.1. Metodología PILOT (Product Investigation, Learning and Optimization Tool)

PILOT (Product Investigation, Learning and Optimization Tool): Investigación de Producto, Aprendizaje y Herramienta de Optimización (ONUDI, s.f.) Esta metodología apoya el proceso de toma de decisiones y encuentra las medidas apropiadas para mejorarlo ambientalmente.

El procedimiento para seguir con esta metodología se puede reflejar en la siguiente tabla:

<b>Fases de ECODISEÑO</b>	<b>Etapas de la METODOLOGÍA</b>
<b>1.-Selección del producto</b>	Qué producto va a ser seleccionado.
	Cuál es el producto principal de la empresa o con el mayor impacto ambiental.
	Rediseño o nuevo producto.
<b>2.- Formación del equipo</b>	Equipo multidisciplinar.
	Consultor ambiental.
	Mediador.
<b>3.- Definición del marco de proyecto</b>	Factores que motivan el proyecto.
	Objetivos.
	Periodos de tiempo.
	Responsables.
	Presupuestos.
<b>4.-Preparación del proyecto</b>	Recogida del producto, equipo, marco del proyecto...
<b>4.1 -Pensando en el ciclo de vida.</b>	Definición de las fases del proyecto.
	Análisis de las entradas y salidas del sistema.
	Valoración del impacto ambiental del producto.
<b>4.2 Selección de estrategias y medidas.</b>	Identificación de las áreas de mejora.
	Identificación de las estrategias adecuadas.
<b>4.3- Implementación del desarrollo del producto</b>	Identificar aspectos ambientales a mejorar.
	Búsqueda de soluciones aplicables al producto.
	Definir la solución en detalle.
<b>4.4- Coordinación de la gestión medioambiental</b>	Establecer las estrategias y medidas.
	Integrar objetivos medioambientales de producto en el sistema de gestión medioambiental.
	Hacer seguimiento de los objetivos.

Tabla 7 Metodología PILOT. Fuente Capuz et al (2013)

### 6.2.2. Metodología PROMISE.

La metodología PROMISE es un método de ecodiseño que permite, a través de 7 etapas, evaluar y rediseñar un producto en base a una ética y unos valores de respeto al medioambiente (Heras, 2022).

Dichas etapas quedan reflejadas en esta tabla.

Fases del Ecodiseño	Etapas de la metodología
<b>1. Organización del proyecto de Ecodiseño</b>	Conseguir la aprobación de la Dirección
	Establecer un equipo de trabajo
	Trazar planes y preparar el presupuesto
<b>2. Selección del producto</b>	Establecer los criterios de selección
	Decidir
	Definir el informe de diseño
<b>3. Establecimiento de la estrategia de Ecodiseño</b>	Analizar el perfil medioambiental del producto
	Analizar los puntos a favor internos y externos
	Generar opciones de mejora
	Estudiar su viabilidad
	Definir las estrategias de Ecodiseño
<b>4. Generación y selección de ideas</b>	Generar ideas para el producto
	Organizar un taller de ecodiseño
	Seleccionar las ideas más prometedoras
<b>5. Detalle del concepto</b>	Convertir en operaciones las estrategias de ecodiseño
	Estudiar la viabilidad de los conceptos
	Seleccionar el más prometedor
<b>6. Comunicación y lanzamiento del producto</b>	Promover internamente el nuevo diseño
	Desarrollar un plan de promoción
	Preparar la producción
<b>7. Establecimiento de actividades de seguimiento</b>	Evaluar el producto resultante
	Evaluar los resultados del proyecto
	Desarrollar un programa de Ecodiseño

Tabla 8 Metodología PROMISE. Fuente Capuz et al (2013).

### 6.2.3. Metodología EDIP (Environmental Desing of Industrial Product)

La metodología EDIP (Environmental Desing of Industrial Product) (Universidad de Dinamarca + 5 empresas + agencia de protección del MA + Confederación de Industrias danesas) está basado en los indicadores desarrollados por Hauschild y col. (1998) (Suárez, 2017).

Tareas	Reparto de labores mediambientales	
	Especialistas	Diseñador
<b>1. Concreción</b>	<b>Evaluación ambiental de un producto de referencia</b>	
<b>Análisis</b>	-Identificar los potenciales de impacto esenciales y sus principales causas	
	<b>Diagnóstico ambiental del producto de referencia</b>	
<b>Diagnosis</b>	-Simular cambios teóricos en el producto de referencia o sistema y elaborar un ACV (Análisis de Ciclo de Vida) en consecuencia  -Desarrollar ACV de alternativas concretas, incluyendo productos de la competencia  -Identificar puntos ambientales claves en el producto de referencia	-Identificar alternativas existentes para las soluciones de diseño, elegidas sobre el producto de referencia, incluyendo soluciones de la competencia.
	<b>Especificar objetivos ambientales</b>	
<b>2. Especificación</b>	-Analizar las percepciones y prioridades ambientales de los consumidores y hacer una proyección de éste análisis  -Definir la especificación ambiental del producto	
	<b>ACV de nuevos productos</b>	<b>Diseño para el MA</b>
<b>3. Síntesis</b>	-Evaluación ambiental de conceptos  -Evaluación ambiental de detalles	-Crear sistemas de producto medioambientales atractivos.  -Adaptar medioambientalmente el producto a los sistemas existentes  -Si es posible, adaptar el sistema medioambientalmente al producto
<b>4. Verificación</b>	<b>Verificar las propiedades ambientales del producto</b>  -Realizar un ACV, si es necesario	<b>Verificar las soluciones de diseño</b>  -Verificar que las especificaciones ambientales y otros requerimientos se cumplan

Tabla 9 Metodología EDIP. Fuente Capuz et all (2013).

## 6.2.4. Metodología ECOREDESING

La metodología ECOREDESING está liderada por el centro de diseño en el RMIT de Melbourne. Enfocada a reducir el Impacto Ambiental.

Fases del ECOREDESING	ACTIVIDADES DE LA METODOLOGÍA
<b>1. Selección y análisis general del producto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elaborar un dossier sobre las características técnicas, estéticas, económicas y medioambientales del producto que sirva de punto de partida para la fase siguiente</li> <li>-Consideraciones de: mercado, competencia, recursos y capacidades de la empresa, presiones o cambios potenciales, información del producto y de su ciclo de vida</li> </ul>
<b>2. Análisis del IA del producto y establecimiento de las direcciones del diseño</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ACV del producto, o evaluación simplificada</li> <li>-Realización de una sesión técnica de trabajo en grupos guiada, en la que participen los departamentos de producción, marketing, medio ambiente, técnico y de gestión, que sirva para generar respuestas creativas a los impactos identificados.</li> <li>-Aplicación de técnicas de pensamiento creativo y estrategias generales de ecodiseño.</li> <li>-Evaluación crítica del valor de algunas de las ideas generadas</li> </ul>
<b>3. Desarrollo de un nuevo producto medioambientalmente mejor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Clasificación de las ideas por categorías</li> <li>-Verificación de la inexistencia de contradicciones o IA colaterales</li> </ul>

Tabla 10 Metodología ECOREDESING. Fuente Capuz et al (2013).



Ilustración 26 Entradas y Salidas en el diseño de un producto. Fuente Mercado (2023).

### 6.2.5. Metodología IHOBE.

Creada por la sociedad pública vasca Ihobe en el año 2000, con la intención de dar resultado a productos y servicios de reducido impacto ambiental.

FASES DE ECODISEÑO	ETAPAS DE LA METODOLOGÍA
<b>0. Introducción</b>	Dar una visión general e información básica sobre lo que es Ecodiseño y su beneficio para la empresa.
<b>1. Preparación del proyecto</b>	Organización del proyecto: -Selección del equipo de trabajo. -Selección del producto a ecodiseñar. -Investigación de Factores Motivantes para hacer Ecodiseño.
<b>2. Aspectos ambientales</b>	Análisis de los principales aspectos del producto en TODO su CICLO DE VIDA.
<b>3. Ideas de mejora</b>	Generar y priorizar ideas de mejora para el producto.
<b>4. Desarrollar conceptos</b>	Desarrollar el pliego de condiciones TÉCNICO-AMBIENTALES y generación de alternativas conceptuales del producto en base a dicho pliego de condiciones.
<b>5. Producto en detalle</b>	Definición del producto en detalle.
<b>6. Plan de acción</b>	-Establecer un plan de acción para todas las medidas de mejora ambiental pendientes para el producto a medio y largo plazo. -Integrar definitivamente el Ecodiseño en las herramientas de diseño, así como en las herramientas de gestión de la empresa.
<b>7. Evaluación</b>	Evaluar los resultados del proyecto para sacar conclusiones y aprender a transmitir los resultados interna y externamente de manera periódica.

*Tabla 11 Metodología IHOBE. Fuente Euskadi (2000).*

### 6.3. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto, servicio, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida (desde la obtención de las materias primas hasta su fin de vida y posterior gestión) (Gencat, 2014).

Según la UNE-EN ISO 14040 : 2006, el ACV considera el ciclo de vida completo de un producto, desde la extracción de la materia prima, pasando por la producción de energía o fabricación, hasta el uso y el tratamiento final de la vida útil así como la disposición final.

El ACV trata los aspectos e impactos ambientales de un sistema del producto según la Organización Internacional de Normalización (ISO, 2006). Las etapas en las que se divide son:

- Definición del objeto y el alcance.
- Análisis de inventario.
- Evaluación de impacto.
- Interpretación de los resultados.

### 6.3.1. Definición de objeto y alcance.

En esta etapa se define el objetivo y el uso previsto del estudio y las razones de este, así como el alcance de acuerdo con los límites del sistema, la unidad funcional y los flujos dentro del ciclo de vida, la calidad exigida a los datos y los parámetros tecnológicos y de evaluación.

Debemos establecer también las condiciones de uso, vida útil y otros aspectos del producto.

### 6.3.2. Análisis de inventario.

En la fase de Inventario de Ciclo de Vida (ICV), se recogen los datos correspondientes a las entradas y salidas para todos los procesos del sistema de producto. Materia prima necesaria para su fabricación o la energía empleada, así como todos los recursos consumidos en su vida útil, residuos, emisiones o vertidos.

Para facilitar este proceso, podemos usar herramientas como la Matriz MET (Materiales, Energía y emisiones Tóxicas).

#### **Matriz MET.**

La matriz MET es un método de análisis cualitativo que analiza los aspectos mencionados en las fases de obtención, producción, distribución, uso y fin de vida del producto.

	MATERIALES	ENERGÍA	EMISIONES TÓXICAS
<b>PRODUCCIÓN Y PROVISIÓN DE MATERIALES</b> 	Consumo de madera (renovable) y acero (reciclable)	Energía necesaria para extraer madera y fabricar acero	Emisiones a la atmósfera y residuos de la producción del acero y del transporte de materiales
<b>PRODUCCIÓN EN FÁBRICA</b> 	Consumo de agua y productos auxiliares (aceite, pintura, disolventes)	Energía necesaria para procesar madera y acero	Emisiones a la atmósfera (pintura, disolventes). Residuos peligrosos y no peligrosos
<b>DISTRIBUCIÓN</b> 	Consumo de material de embalaje	Energía contenida en los combustibles usados en el transporte	Emisiones a la atmósfera derivadas del transporte. Residuos del material de embalaje.
<b>USO</b> 	Cera para pulir, piezas de repuesto	No hay	No hay
<b>FIN DE VIDA</b> 	Consumo de materiales para su gestión	Consumo de energía para su transporte o tratamiento	Emisiones a la atmósfera en el reciclaje de residuos. Residuos no reciclables o reutilizables.

Ilustración 27 Matriz MET para la producción de un mueble. Fuente Lorente (2015).

### 6.3.3. Evaluación de impacto

La etapa de Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV) está orientada a conocer y evaluar la magnitud y la significancia de los impactos ambientales potenciales de un sistema. En esta fase se emplea un método de evaluación para transformar los datos recogidos en el ICV, en resultados de carácter ambiental.

La EICV puede constituir un proceso iterativo de revisión del objetivo y el alcance del ACV.

Para llevar a cabo este análisis se consideran las categorías de impacto (Capuz et al, 2013):

- **Calentamiento global:** Fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. Unidad de referencia: kg. eq. CO<sub>2</sub>. Factor de Caracterización: Potencial de Calentamiento Global (PCG).
- **Consumo de Recursos Energéticos:** Energía consumida en la obtención de las materias primas, fabricación, distribución, uso y fin de vida del elemento analizado. Unidad de referencia: MJ. Factor de Caracterización: Cantidad Consumida.
- **Reducción de la Capa de Ozono:** Efectos negativos sobre la capacidad de protección frente a las radiaciones ultravioletas solares de la capa de ozono atmosférica. Unidad de referencia: kg<sub>eq</sub>. CFC-11. Factor de Caracterización: Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO).
- **Eutrofización:** Crecimiento excesivo de la población de algas originado por el enriquecimiento artificial de las aguas de ríos y embalses como consecuencia del empleo masivo de fertilizantes y detergentes que provoca un alto consumo del oxígeno del agua. Unidad de referencia: kg<sub>eq</sub> de NO<sub>3</sub>. Factor de Caracterización: Potencial de Eutrofización (PE).
- **Acidificación:** Pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera. Unidad de referencia: kg. eq SO<sub>2</sub>. Factor de Caracterización: Potencial de Acidificación (PA).
- **Consumo de Materias Primas:** Consumo de materiales extraídos de la naturaleza. Unidad de referencia: Tn. Factor de Caracterización: Cantidad consumida.
- **Formación de Oxidantes Fotoquímicos:** Formación de los precursores que dan lugar a la contaminación fotoquímica. La luz solar incide sobre dichos precursores, provocando la formación de una serie de compuestos conocidos como oxidantes fotoquímicos (el ozono-O<sub>3</sub> es el más importante por su abundancia y toxicidad). Unidad de referencia: kg. eq. C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Factor de Caracterización: Potencial de Formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF).
- **Toxicidad:** En la mayoría de los procesos industriales se utilizan sustancias peligrosas o tóxicas (metales pesados; sustancias orgánicas como dioxinas, los PCB, algunos pesticidas; etc.) para las personas y/o ecosistemas. La toxicidad de una sustancia dependerá de la propia sustancia, pero también de la vía de administración o exposición, la dosis o como se administra. Generalmente se

distingue entre toxicidad para las personas y toxicidad para los ecosistemas, ya que las vías de exposición son muy diferentes. Unidad de referencia:  $m^2$  /año. Factor de Caracterización: riesgos/dosis ponderada.

#### 6.3.4. Interpretación del ciclo de vida.

En esta fase se deben dar resultados que sean coherentes con el objetivo y el alcance definidos para el ACV.

La interpretación debe expresar que los resultados de la EICV son relativos, no predicen los impactos reales en los puntos finales de categoría.

En definitiva, de esta interpretación debemos obtener conclusiones y recomendaciones para futuras actuaciones.

#### 6.3.5. Herramientas para el ACV

##### 6.3.5.1. *Metodologías para la EICV.*

- CML: desarrollado por el Centro de estudios Ambientales y el Institute of Environmental Sciences de la Universidad de Leiden, en los Países Bajos, por primera vez en 1992 y actualizado en 2000. Suministra una lista de categorías de impacto a evaluar, dividida en categorías de impactos obligatorias, categorías de impactos adicionales.
- CML, 2001. Método basado en el anterior CML 1992. El paso de normalización es opcional para ACVs (Análisis de Ciclo de Vida) simplificados, pero obligatorio para ACVs exhaustivos. Dispone de valores de referencia para la normalización de los indicadores de las categorías de impacto: a nivel mundial, a nivel europeo y a nivel holandés. Las categorías de impacto ambiental son: Agotamiento de los recursos, abióticos; Cambio climático; Destrucción capa ozono; Toxicidad humana; Ecotoxicidad; Smog fotoquímico; Acidificación; Eutrofización; Uso de recursos.
- ReCiPe, Pré Consultants. Es un método que se le da este nombre, además de proporcionar una receta para el EICV, sus siglas representan las iniciales de los institutos que fueron los principales contribuyentes a este proyecto y los colaboradores principales en su diseño: RIVM y la Universidad de Radboud, LMC, y el PRE. ReCiPe se desarrolló para combinar las ventajas de los métodos CML 2001 y Eco-Indicator 99. La ventaja del método CML es su solidez científica, mientras que la ventaja del Eco-indicator 99 es su facilidad de interpretación.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), fue establecido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente)) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Este método, cuya definición comenzó en 1988, recoge los factores de caracterización para el potencial del calentamiento global directo debido a emisiones al aire. Categoría de Impacto: Cambio Climático.

- EcoPoint: desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente suizo (BUWAL) en 1990, y actualizado en 1997. Método basado en la distancia al objetivo que ofrece como resultado un indicador de impacto único.
- Ecoindicador 95: Se basa en la existencia de una correlación entre la gravedad del efecto producido por las emisiones (según un modelo de daño) y la distancia entre el nivel actual de emisiones y un nivel objetivo marcado como estándar de calidad ambiental, según un modelo de distancias al nivel objetivo. Este método parte de una serie de categorías de impacto y tras su evaluación y normalización obtiene un valor único para el impacto ambiental medido en milipuntos (Entendiéndose por 1 punto la milésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano europeo medio [Ministry of Housing, 2000]).
- ECOPO NTS97, Swiss Ministry of the Environment (BUWAL): Desarrollado en 1990, fue uno de los primeros métodos con método de ponderación final. Al igual que Ecoindicadores 95, es un método basado en la “distancia al objetivo”, en este caso fijado por la propia política medioambiental suiza. Las categorías de impacto ambiental son: Emisiones al aire, Vertidos de aguas superficiales, Vertidos de aguas subterráneas, Vertidos al suelo, Uso de recursos y Residuos.
- Ecoindicador 99: considera tres categorías de daño, relacionadas directamente con el resultado del inventario: salud humana, calidad del ecosistema y agotamiento de recursos. A la hora de agrupar los resultados de cada una de las categorías de daño consideradas en un único indicador, utiliza un panel de expertos para obtener los factores de peso de la etapa de valoración. El Ecoindicador 95 es más un indicador de emisiones y el Ecoindicador 99 es más un indicador de combustibles fósiles.
- EDIP. Con el objeto de desarrollar un método que incluya aspectos ambientales en la fase de desarrollo de producto, participó en su desarrollo la Agencia medioambiental danesa, la universidad Técnica de Dinamarca, la Conferencia de Industrias Danesas y cinco empresas importantes del país. Se basa en tres categorías de impacto: impactos al medioambiente, consumo de recursos, e impactos en el ambiente del trabajo.
- EPS: fué desarrollado por IVL (Swedish Environmental Research Institute) en 1991, por encargo de Volvo (Suecia). Está basado en método de valoración de economía ambiental, es decir en la determinación del daño y en su asignación monetaria, cuya unidad es el ELU (Environmental Load Unit). En 1996 se actualizó y pasó a denominarse EPS2000. Para la parte de evaluación de impactos utiliza 5 categorías de impacto: salud de las personas, capacidad de producción de ecosistemas, disponibilidad de recursos abióticos, biodiversidad y valores culturales y recreacionales.
- TELLUS: desarrollado por el Instituto Tellus y la Agencia de Protección Ambiental americana (EPA) en 1992. Emplea un enfoque de costes marginales de control de la contaminación de contaminantes para evaluar los costes ambientales de producción de 20 materiales de envase y embalaje. • TRACI: es una metodología de evaluación del impacto desarrollada por la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos, tiene un enfoque de punto medio. Fue desarrollada en 1995 y supone una herramienta informática para la evaluación de las 12 categorías de impacto. Muchas de los mecanismos

ambientales que soportan las categorías de impacto están importados de otras metodologías, como Ec99 y CML2001.

- IMPACT 2002+, instituto federal suizo de tecnología de Lausanne (EPFL). Resulta de una combinación entre las metodologías IMPACT2002, Ec99, CML2001 e IPCC.

#### 6.3.5.2. **Software para ACV.**

- Eco-it: La herramienta “Eco-it”, desarrollada para IHOBE y que permite el cálculo simplificado de ACV (en base a la metodología ReCiPe) y Huella de Carbono de modo integrado. Principalmente está diseñada para diseñadores de productos y envases. Utiliza el Eco-indicador 99 y la metodología que sigue es compatible con los requisitos de la norma UNE-EN-ISO 14044.
- EcoPro: Es de procedencia alemana, y permite la construcción de ACV del producto a través de diagramas con tantos subsistemas como se quiera, indicando cuales son los límites del sistema. En la última versión se ha mejorado los inventarios y su BBDD de referencia es la BUWAL SRU 250.
- EcoScan: Esta herramienta la pueden usar tanto los encargados como los técnicos que se encarguen de la implantación del Ecodiseño en el desarrollo de los productos y procesos. El software permite un análisis fácil y rápido de IA y los costes de los productos.
- GaBi: Este Software crea tanto procesos simples como procesos parametrizados que permiten simular complejas entradas y salidas. Además se puede asociar costes a los flujos. Tiene distintos módulos para el nivel básico que contienen conjuntos de datos de las BBDD externas accesibles (BUWAL).
- JEM-LCA. Es un software japonés para ACV, se creó en 1994 y es una magnífica herramienta para la evaluación de las cargas ambientales producida por los productos electrónicos.
- KCL-ECO. Esta herramienta realiza un ACV completo con variados métodos para la evaluación de impactos. El método es compatible con la ISO 14040. Tiene dos tipo de indicadores (DAIA-98 y el Ecoindicador'95).
- LCAiT: El programa está basado en el modelo SPINE (Sustainable Product Information Network for the Environment) (Sustainable product Information Network for the Environment), formato para el almacenamiento, administración y recuperación transparente de los datos del inventario. Como otros se organiza en áreas de trabajo, en diferentes ventanas y bajo una estructura de árbol.
- NIRE-LCA. Esta herramienta se desarrolló en el Centro de Investigación de ACV del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Industrial Avanzado de Japón. Su uso más generalizado está en las empresas japonesas.
- PEMS: este software puede realizar estudios completos de ACV y es de fácil manejo. Posee un interfaz gráfico, una metodología transparente.
- SimaPro: Esta herramienta realiza ACV completos con múltiples métodos para la evaluación de impactos. Las versiones se van actualizando con las nuevas

bases de datos (BUWAL 250), e incluye además el indicador Eco-indicador 99. Sus datos están documentados con sus correspondientes fuentes e incluso con descripción cualitativas. Además, el método que utiliza es compatible con la norma ISO 14040.

- MIET: es un producto que trabaja con Microsoft Excel, y permite realizar ACV. Los datos ambientales en los que se basa provienen EEUU.
- TEAM: Es un software complicado en su uso. aunque es una de las herramientas más potentes y flexibles. la compañía Ecobalance Inc, es la que lo distribuye desde que se iniciara su desarrollo en 1992. Utiliza el formato estándar SPOLD. También se puede incorporar la información relativa a los costes.
- UMBERTO: Esta herramienta posee tres versiones, de consulta, educativa y profesional. la última es la más completa y tiene una gran calidad en sus datos y sus resultados son bastante transparentes. Poses una librería de más de 400 módulos de procesos estándar y sus datos tienen formato SPOLD.

### 6.3.5.3. Bases de Datos.

En el marco del ACV podemos encontrar dos tipos de bases de datos:

- BBDD con las entradas/salidas que se emplean para simular el sistema analizado en el ICV. Comúnmente conocidas como **BBDD de ICV**.
- BBDD con los datos que cada metodología de EICV necesita para que la herramienta que llevará a cabo el EICV haga los cálculos, comúnmente conocidas como **BBDD de metodologías**.

Las **BBDD de ICVs (Inventario de Ciclo de Vida)** están formadas por datos de muy diversos materiales y procesos, generalmente agrupados según la fase del ciclo de vida a la que hagan referencia. A través de éstas BBDD es posible asignar a cada entrada/salida recogida en el ICV una serie de datos de la BBDD que le aportarán la información sobre su impacto ambiental, los factores de caracterización, normalización...etc.

Las **BBDD de metodologías** están formadas por los factores de caracterización, ponderación y demás datos que cada metodología de EICV necesita para llevar a cabo los cálculos de obtención de resultados.

Algunas de ellas son:

- IDEMAT (UNIV. TEC. DE DELFT): es una base de datos muy completa para seleccionar las materias primas y los recursos empleados en el proceso de diseño de un producto. Esta posee mucha información técnica sobre materiales y procesos industriales habituales (como metales, aleaciones, plásticos, etc.), energía y transporte. Es una BBDD holandesa, se actualizó en el 2001 y se asienta en tecnologías generales.
- Ecoinvent Database V2.1.: BBDD con procesos industriales generales, posee 2500 datos sobre energía transporte, materiales, compuestos químicos y gestión de residuos. Su desarrollo se realizó en Suiza en el 2007 y de carácter informativo mixto.

- Industry data 2.0: Realizado por varias asociaciones e industrias europeas y recopilados en 2008, también tiene carácter mixto.
- Metal Resourcer: Tiene aplicación específica y fue recopilada en 1990 en Inglaterra, es una BBDD sobre metales y energía.
- BUWAL 250: Generada en Suiza en el 2004 y de carácter general. Es una BBDD que recoge una serie de inventarios de diferentes ciclos de vida generales con información sobre procesos, materiales, transporte, gestión de residuos, etc.
- Data Archive: BBDD de materiales, energía, transporte, procesamiento y transformación y tratamiento de residuos. Es una compilación de otras BBDD (BUWAL 132, ETH-WSU System, Chamers, PWMI o SPIN). es de aplicación mixta y está realizada en Europa en el 2003.
- ETH-ESU96: Desarrollada en 1996 en Suiza y de aplicación específica. BBDD con más de 1.200 procesos sobre generación de electricidad, transporte procesos y tratamientos de residuos.

Vistas las metodologías, bases de datos, herramientas, software, etc. que podemos usar para el rediseño de nuestro producto. Nosotros haremos un rediseño a partir de la metodología IHOBE. Para realizar el ACV nos basaremos en la Matriz MET para organizar las entradas y salidas del ICV, y haremos la Evaluación de Impacto con ayuda del Software SimaPro, cuya versión es la 9.3.0.2 de 2021. La base de datos que usamos es la "Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit" de noviembre de 2021. La metodología para la EICV es la IPCC del 2021( "GWP100" que lo evalúa a 100 años).

## 7. DISEÑO DEL CONJUNTO DE CRÍA

### 7.1. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA IHOBE EN EL REDISEÑO DEL CONJUNTO DE CRÍA

#### 7.1.0. Introducción.

El **ecodiseño** es una filosofía que persigue diseñar productos y servicios sostenibles, que minimicen el impacto ambiental durante todo el ciclo de vida del producto desde su el diseño propiamente dicho hasta la producción, utilización y retirada. (Cámara de España, 2023)

Para nuestra empresa, que los productos y herramientas de trabajo sean diseñados con una metodología de Ecodiseño aporta un valor ecológico al desempeño de nuestra función, va en la línea de la filosofía de la empresa.

### 7.1.1. Preparación del proyecto.

#### **Equipo de Trabajo**

El equipo de trabajo está compuesto por la autora del trabajo y la tutora que ha supervisado el proceso. Siendo los conocimientos de ambas suficientes para el desarrollo de dicho proyecto, los conocimientos de ecodiseño se obtuvieron en el estudio de la asignatura.

#### **Selección del producto**

Según las cajas de cría de gusano vista en el apartado 3.3.2. del estudio de mercado, las cajas para cría actuales son mejorables. Por eso, con vistas de hacerlas más ergonómicas, más ecológicas y de facilitar el trabajo a los operadores, hemos decidido rediseñar estas cajas y las estanterías dónde se colocan.

De las cajas y conjuntos caja-estantería vistos, el elegido para rediseñar será el de la cría industrial de la *Ilustración 8*.

#### **Investigación de Factores Motivantes para hacer Ecodiseño.**

##### → Factores motivantes externos.

- Administración: las normas de cumplimiento en materia de ecodiseño son la norma UNE-EN ISO 14006:2020 y la norma UNE EN ISO 14040:2006 referida al análisis del ciclo de vida.
- Mercado: las necesidades del mercado son la reducción
- Competidores: actualmente hay empresas que se dedican al procesado del plástico

##### → Factores motivantes internos.

- Aumento de la calidad del producto: el hecho de que las partes de la caja estén separadas y las necesidades diferentes según la etapa de crianza sea un accesorio modular hace que sean más duraderas puesto que si una de las partes es más frágil y se rompe se puede sustituir únicamente esa.
- Mejora de la imagen del producto y la empresa: una caja diseñada con la comodidad de los trabajadores como una de las bases y con el fin de ser más ecológica va a mejorar la imagen del producto. En cuanto a nuestra empresa el no hacerlo así no sería coherente con la función principal de ésta que no es otra que reducir los residuos plásticos.
- Reducción de costes: la fabricación de la caja con un polímero reciclado reducirá el coste de ésta y puesto que la fabricación será única y exclusivamente para nosotros el embalaje que necesitaremos será el mínimo para que el transporte sea adecuado.

### 7.1.2. Aspectos ambientales.

Analizamos los aspectos e impactos ambientales del producto:

Aspectos AMBIENTALES	Impactos ambientales
Producción de materiales para la fabricación (polipropileno y madera).	Disminución de recursos naturales. Deforestación. Generación de sustancias tóxicas. Contaminación de suelos y aguas.
Emisión de gases contaminantes en la fabricación y transporte del producto.	Contaminación atmosférica. Destrucción de la capa de Ozono. Efecto invernadero. Acidificación de los mares y océanos. Lluvia ácida.
Consumo de energía en fabricación.	Disminución de recursos (en el caso de energías no renovables). En el caso de energías renovables, alteración del paisaje y ecosistemas.
Consumo de agua y productos para la limpieza.	Disminución de un recurso escaso como es el agua. Productos de limpieza contaminantes.
Generación de residuos al finalizar su ciclo de vida.	Acumulación de residuos plásticos.

*Tabla 12 Aspectos e impactos ambientales de la caja para cría de gusano. Fuente Elaboración Propia (2023).*

Partiendo de estos datos, procedemos a la realización del ACV del conjunto a rediseñar.

#### 7.1.2.1. ACV Definición de Objetivos y Alcance.

En esta etapa analizaremos los aspectos que mayor impacto ambiental causan en la fabricación, uso y retirada del conjunto Estantería-Caja de cría de Tenebrio Molitor. Con esto, conoceremos qué mejoras implementar en el Rediseño del producto.



*Ilustración 28 Conjuntos estanterías cajas para cría de Tenebrio Molitor. Fuente Galinsect (2023)*

Establecemos la **unidad funcional** en 1kg de polímero procesado al día, con una vida útil para las estanterías de 20 años y para las cajas de 10 años.

Cada uno de nuestros conjuntos consta con una estantería compuesta por dos columnas para la ubicación de las cajas. En cada columna se colocan 18 cajas, teniendo de esta forma 2 ciclos de cría por cada columna y 4 ciclos en todo el conjunto.

En cada ciclo de cría solo 7 de las cajas contienen larva, por lo que son 28 las cajas del conjunto con larvas, teniendo en cuenta que en cada caja hay aproximadamente 300 larvas, tenemos un total de 8.400 Tenebrio Molitor. Si cada gusano degrada 0,39 mg al día, cada conjunto supone la transformación de 3,276 gramos de polímero al día. Necesitamos un total de 305 conjuntos para satisfacer nuestra unidad funcional.

Del análisis excluimos aquellas entradas al CV que tengan baja incidencia respecto al porcentaje total de la masa, de forma que no analizamos las cribas ni las ruedas de la estantería.

Otros aspectos para tener en cuenta durante el uso de la estantería son:

- Limpieza de las cajas cada 7 semanas usando 0,02 l de agua para las cajas de cada conjunto.
- Limpieza de la estantería cada 15 días con 0,05 l de agua.
- Fin de Vida (FdV) se considera que va al vertedero.

El flujo de referencia, de las entradas durante su uso consiste en: las cajas se limpian cada 7 semanas con 0,02 l de agua y la estantería cada 15 día con 0,05 l de agua. En cuanto al Fin de Vida (FdV), se considera que va al vertedero.



*Ilustración 29 Tenebrio Molitor. Fuente Proteinsecta.*

Para organizar los datos de entradas y salidas del producto, nos valdremos de una matriz MET que recoja estos datos de todo su ciclo de vida.

**Matriz MET.**

	Entradas		Salidas
	M	E	T
	Uso de Materiales	Uso de Energía	Emisiones Tóxicas
<b>Obtención y consumo de materiales y componentes.</b>	-Madera (89 kg) -Acero (8,8 kg) -Polietileno (121,6 kg)	-Consumo de energía en la producción de los materiales.  -Transporte hasta la fábrica.	-Emisiones en la obtención de los materiales.  -Emisiones en el transporte.
<b>Producción en Fábrica.</b>	-Material para la fabricación de moldes. -Material del mantenimiento de la maquinaria. -Barniz (0,5 kg)	-Consumo eléctrico de la maquinaria.	-Material residual del procesado de los materiales iniciales tales como virutas o sobrantes.  -Residuos del mantenimiento de la maquinaria.
<b>Distribución.</b>		-Consumo de combustible en el transporte.	-Emisiones producidas por el combustible en el transporte.
<b>Uso.</b>	-Agua (2,34 kg)		-Agua residual tras limpieza.
<b>Fin de vida, eliminación final.</b>	-Material a vertedero.		-Emisiones producidas en transporte a vertedero.  -Residuos tóxicos producidos por la acumulación en vertedero.

Tabla 13 Matriz MET del conjunto de cría. Fuente Elaboración propia (2023).

**7.1.2.2. Análisis de Inventario.**

El inventario de este conjunto es el siguiente.

Si tenemos en cuenta que en cada caja aproximadamente puede haber 300 gusanos y en el conjunto encontramos 28 cajas. La cantidad de plástico consumida a diario en uno de estos conjuntos sería de 3,27g.

Como mencionamos anteriormente, todos los elementos de SimaPro han sido escogidos de la biblioteca Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit, los hemos seleccionado de los apartados market for, puesto que no conocemos su origen.

Material	kg	Pieza	Proceso
Madera	4,45	Listones estructura	Madera “Estantería Cría” *
Barniz	0,5		Acrylic varnish, without water
Acero	0,05	Tornillos	Steel, chromium Steel 18/8
Polietileno	1,6	Cajas	Polyethylene, high density, granulate

Fabricación	Material	Proceso
Corte	Madera	Corte Madera “Estantería Cría” **
Torneado	Acero	Chromium Steel removed by turnig,
Atornillado		Electricity, médium voltaje
Inyección	Polietileno	Injection moulding

Tabla 14 AICV del conjunto. Fuente Elaboración propia (2023).

\*Basado en (Sawwood, beam, hardwood, dried (u=20%),planed {Europe without Switzerland}

\*\*Basado en [SIERRA MECÁNICA DE MADERA → Basada en (Power Saw Production without catalytic converter GLO)]

Para fabricar la estructura de madera se necesitan:

- 6 listones verticales sin cortar
- 4 listones con 2 cortes cada uno para la estructura horizontal
- 10 listones con 6 cortes para los listones que harán de rail
- 176 tornillos

En ningún momento tendremos en cuenta las ruedas, puesto que la modificación del conjunto deberá incluirlas igualmente.

### Evaluación de Impacto con SimaPro.

Para realizar la evaluación de impacto nos valdremos del Software SimaPro versión 2021 y usaremos la base de Datos Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit, de 2021.

Realizamos una evaluación con el método IPCC 2021 GWP100 V1.00 a 100 años. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Categoría de Impacto	Unidad	Total	Montaje	Uso	FdV
GWP100	Kg CO <sub>2eq</sub>	7,86E3	5,5E3 (70,1%)	1,02E3	1,33E3
			<b>Estantería</b>	<b>Caja</b>	
			118 (21,5%)	432 (78,5%)	

Tabla 15 Evaluación de impacto con Sima Pro del conjunto escogido. Fuente Elaboración propia (2023).

Los datos de la tabla 15 pueden verse representados en las siguientes gráficas:

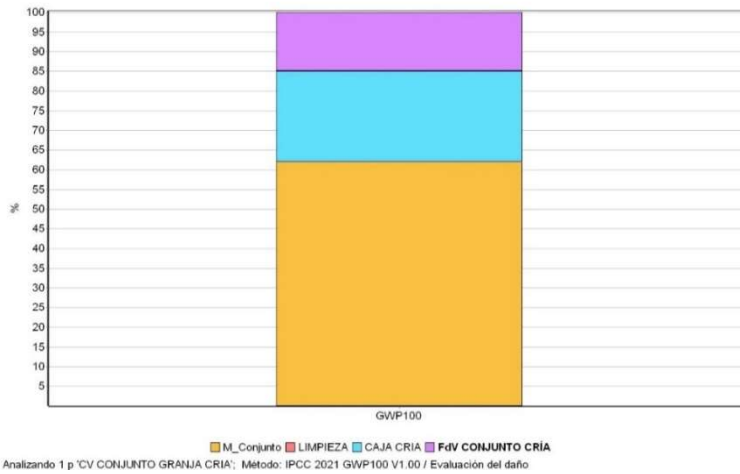
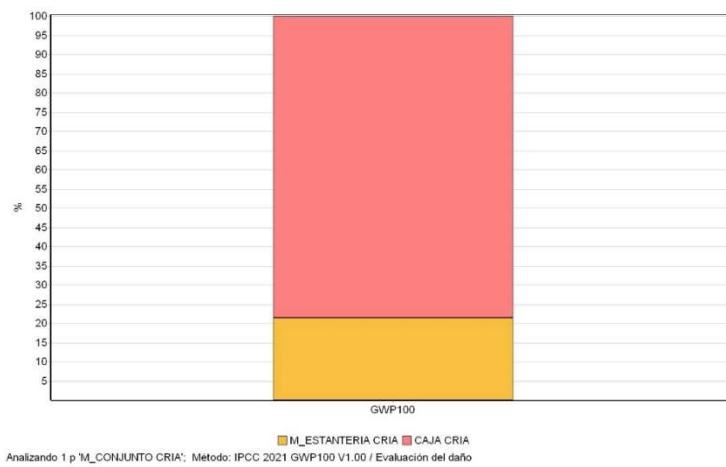


Ilustración 30. Evaluación de impacto con Sima Pro del conjunto escogido. Fuente Elaboración propia (2023)

Ilustración 31 Evaluación de impacto con SimaPro del montaje del conjunto escogido. Fuente Elaboración propia (2023)



El diagrama que representa el aporte a cada etapa o parte del producto es el siguiente:

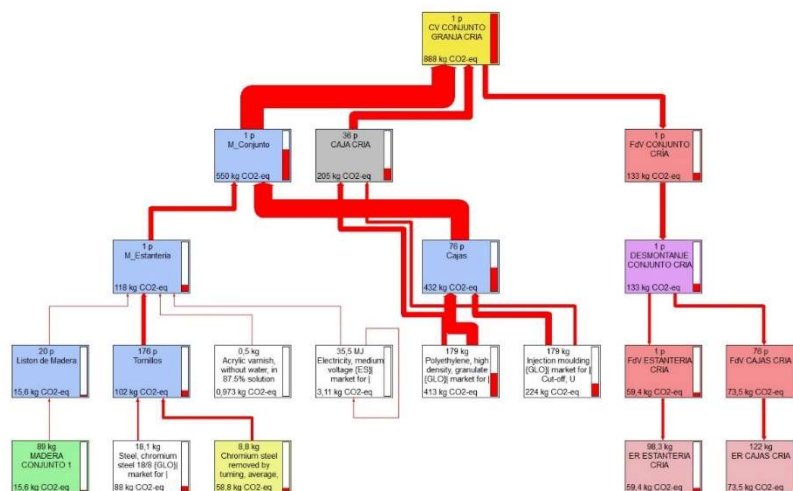


Ilustración 32 Red de Evaluación de Impacto con Sima Pro del Conjunto escogido. Fuente Elaboración propia (2023).

### 7.1.2.3. Interpretación y conclusión.

De la evaluación de impacto realizada con ayuda del Software *Sima Pro*, podemos deducir que las cajas son la parte del producto que más impacto ocasionan. El uso del polietileno de alta densidad es el factor que más aporta al conjunto, así como el consumo energético en el moldeo por inyección. En la parte de la estantería, el mayor impacto lo encontramos en el uso de tornillos.

### 7.1.3. Ideas de mejora.

Conocidos los datos de impacto ambiental del conjunto existente, lanzamos una lluvia de ideas de mejoras aplicables a nuestro diseño.

<b>Etapas del CV</b>	<b>Estrategias de mejora</b>	<b>Mejora asociada</b>
Obtención y consumo de materiales y componentes	Seleccionar materiales de bajo impacto	Uso de Polipropileno reciclado Uso de cartón reciclado Uso de material reciclable.
	Reducir el uso de material	Reducción de piezas. Unificación de materiales. Piezas huecas. Uniones soldadas. Piezas perforadas. Reducir espesores. Optimización del volumen.
Producción en fábrica	Seleccionar técnicas de producción ambientalmente eficientes	Eliminación de barnices. Maquinaria más eficiente. Uso de fuentes de energía renovables. Reciclado de los residuos producidos por la maquinaria. Corte con sierras manuales. Formas simples que requieran menos proceso de fabricación. Moldeo por compresión. Moldeo por termoconformado.
Distribución	Seleccionar formas de distribución ambientalmente eficientes	Elección de un taller cercano para reducir la distancia de transporte. Ausencia de embalaje. Optimización del transporte.
Uso o utilización	Reducir el impacto ambiental en la fase de utilización	Material que requiera menos limpieza. Brazo para coger las cajas altas y no haya que usar plataforma elevadora.
Sistema de fin de vida, eliminación final	Optimizar el Ciclo de Vida	Buen acabado reduce roturas. Modular que permita sustituir piezas rotas.
	Optimizar el sistema de fin de vida	Reciclado 100% de materiales.
Nuevas ideas	Optimizar la función	Incluir bases intercambiables que aporten funciones.

Tabla 16 Ideas de mejora. Fuentes elaboración propia.

Organizamos las ideas propuestas en la siguiente matriz donde evaluaremos la viabilidad técnica y financiera, el beneficio al medio ambiente, los factores motivantes y

la prioridad en el caso de cada una de las mejoras propuestas. Valorando desde -2 (muy negativo o totalmente inviable) hasta 2 (muy positivo o totalmente viable). En el caso de la prioridad las valoraremos como (a corto, medio, largo plazo o no aplicaremos; CP, MP, LP o NA):

<b>MATRIZ DE IDEAS DE MEJORA</b>					
<b>Medidas seleccionadas</b>	<b>Viab.</b>	<b>Viab.</b>	<b>Beneficio</b>	<b>Fact.</b>	<b>Resultado</b>
<b>Obtención y consumo de materiales y componentes</b>					
Uso de material reciclado	+2	+1	+1	+2	6 CP
Uso de cartón reciclado	-2	+2	+2	-1	1 NA
Uso de material reciclable	+2	+2	+2	+2	8 CP
Reducción de piezas	-1	+1	0	+1	1 LP
Unificación de materiales	-2	0	+1	+1	0 NA
Piezas huecas	+1	+1	+1	+2	4 MP
Menor número de tornillos	+1	+2	+2	+2	7 CP
Piezas perforadas	+1	+2	+1	+2	6 MP
Reducir espesores	0	+1	+2	+2	5 MP
Optimización del volumen.	-1	0	0	+1	0 LP
Tratamiento superficial más	+1	+1	+2	+2	6 CP
<b>Producción en fábrica</b>					
Eliminación de barnices	+1	+2	+2	+2	7 CP
Maquinaria más eficiente	+1	+1	+1	+2	5 MP
Uso de fuentes de energía	+2	+1	+2	+2	7 MP
Reciclado de los residuos	+1	0	+1	+1	3 LP
Corte con sierras manuales	-2	0	+1	0	-1 NA
Formas simples	+1	+2	+1	+1	5 CP
Moldeo por compresión.	-1	-1	-1	-1	-4 NA
Moldeo por termoconformado	+1	+2	+1	+1	5 MP
<b>Distribución</b>					
Elección de un taller cercano	-1	+1	+1	0	1 LP
Minimización de embalaje	+2	+2	+2	+1	7 CP
Optimización del transporte	+1	+2	+1	+2	6 MP
<b>Uso o utilización</b>					
Material que requiera menos	+1	+1	+1	+2	5 MP
Brazo para coger cajas altas	-2	-1	0	-1	-4 NA
<b>Sistema de fin de vida. Eliminación final</b>					
Buen acabado	+1	0	+2	+2	5 MP
Modular	+2	+1	+2	+2	7 CP
<b>Nuevas ideas del producto</b>					
Incluir bases intercambiables	+2	+2	+2	+2	8 CP
Diseño seguro	0	-1	+1	+2	2 CP

Tabla 17 Valoración de las ideas de mejora. Fuente Elaboración propia (2023).

Las principales ideas de mejora en las que nos vamos a basar según lo visto son:

- Uso de material reciclado.
- Materiales reciclables.
- Unificación de materiales.
- Reducir número de tornillos.
- Reducir espesores.
- Tratamiento superficial más ecológico
- Maquinaria más eficiente.
- Uso de energía renovable.
- Procesos simples.
- Formas simples.
- Minimización de embalaje.
- Logística eficiente.
- Diseño con alta vida útil.
- Diseño modular.
- Diseño seguro.

#### 7.1.4. Desarrollo de conceptos.

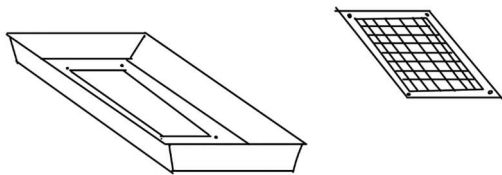
##### **7.1.4.1. Conceptos de diseño de la caja.**

Las ideas de mejora aplicables a las cajas serán las siguientes:

- Uso de material reciclado y reciclable.
- Unificación de materiales.
- Maquinaria más eficiente.
- Uso de energía renovable.
- Procesos simples.
- Formas simples.
- Diseño con alta vida útil.
- Diseño modular.
- Diseño seguro.

Los nuevos conceptos diseñados son los siguientes:

A. Caja cónica con criba intercambiable ajustada por clic, con filtro metálico



Caja de PP de forma cónica.

Fabricada por Termoformado, corte y perforado.

Unión de cribas con clic.

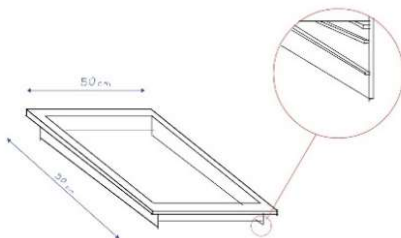
Cribas fabricadas en PP+Acero

Pesos totales 0,3kg PP y 0,02kg de Acero.

Ilustración 33 Caja con base modular por anclaje. Fuente elaboración propia 2022.

B. Caja recta con cribas metálicas intercambiables sobre raíles internos.

Ilustración 34 Caja para base modular intercambiable. Fuente elaboración propia 2022.



Caja de PE de forma recta.

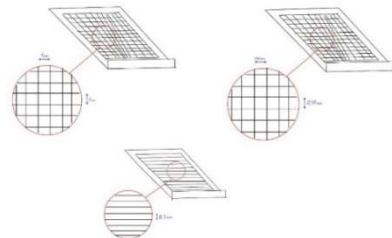
Fabricada por inyección.

Unión de cribas por raíles.

Cribas fabricadas en PE+Acero.

Pesos totales 0,5kg de PE y 0,02kg de Acero.

Ilustración 35 Rendijas modulares según  
necesidades. Fuente elaboración propia 2022.



C. Caja cónica con criba de PP sobre raíles interiores.

Caja de PP de forma cónica.

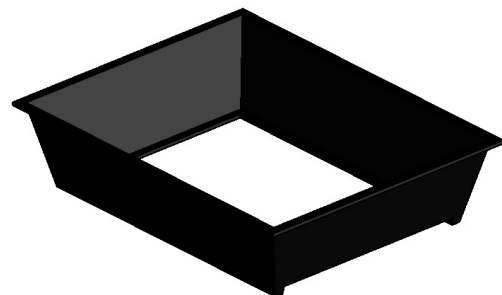
Fabricada por termoformado y corte.

Unión de las cribas por raíles creados en el corte de la caja.

Cribas fabricadas íntegramente en PP.

El peso total es de 0,35kg de PP.

Ilustración 36  
Modelo con Autocad.  
Fuente Elaboración propia  
2023.

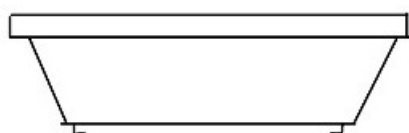


D. Caja cónica con cribas de PP intercambiables con raíles exteriores a la caja.

Caja de PP de forma cónica.

Fabricada por termoformado.

Unión de las cribas con raíles exteriores pegados a la base de la caja.

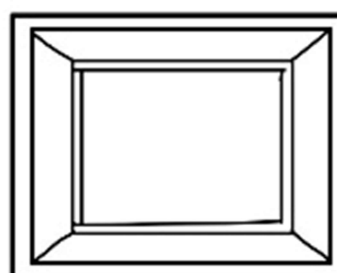


Las cribas están fabricadas todas íntegramente en PP.

El peso total es de 0,5 kg de PP.

*Ilustración 37 Modelo de caja cónica. Boceto alzado. Fuente elaboración propia (2023).*

*Ilustración 38 Caja cónica. Vista desde abajo. Fuente elaboración propia (2023).*



Ahora procedemos a la valoración de los conceptos planteados valorando como se ajustan a los requisitos del pliego de condiciones que establecimos. De modo que valoraremos del 1 al 5 su idoneidad.

**Valoración de los diferentes conceptos**

Requisitos del pliego de condiciones	CONCEPTOS			
	A	B	C	D
Uso de material reciclado	5	5	5	5
Unificación de materiales	3	3	5	5
Uso de materiales reciclables	3	3	5	4
Reducción de espesores	3	4	3	5
Formas simples	4	3	3	3
Buen acabado	3	4	4	5
Bases modulares	5	5	5	5
Buen ajuste de las bases	2	2	3	5
<b>Valoración total</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>33</b>	<b>37</b>

*Tabla 18 Valoración de los conceptos en función de los requisitos. Fuente Elaboración propia (2023).*

De estas ideas llego a la conclusión que la mejor opción es que la caja tenga una forma cónica que facilite el vaciado de guano y la separación de larvas y pupas de una caja a

otra. Y la base encajable como una cajonera, que tiene un mejor ajuste y tiene menos posibilidad de romperse que el de clic, el hecho de hacerlas exteriores mejora el ajuste entre la criba y la caja. Los filtros de las cribas igualmente estarán fabricados con fibras de polipropileno.

#### 7.1.4.2. **Conceptos de diseño de la estantería.**

Del análisis llevado a cabo con SimaPro comprobamos que son las uniones atornilladas lo que más impacto tiene de la estantería. Este será uno de los principales cambios a imponer.

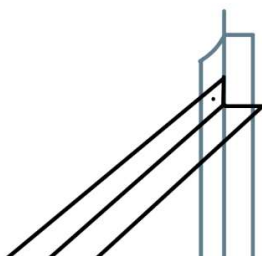
Las ideas de mejora aplicables a la estantería serán las siguientes:

- Uso de material reciclado.
- Materiales reciclables.
- Unificación de materiales.
- Reducir número de tornillos.
- Tratamiento superficial más ecológico.
- Formas simples.
- Diseño con alta vida útil.
- Diseño seguro.

Los nuevos conceptos diseñados son los siguientes:

#### A. Estantería de acero con perfiles en L

*Ilustración 39 Concepto de estantería de acero con perfiles en L. Fuente elaboración propia (2023).*



- Formada por perfiles de Acero reciclado en forma de L.
- Unidos por unas pestañas recortadas sobre los lados de los perfiles.
- Sin tratamiento superficial.
- Peso aproximado de 27 kg

#### B. Estanterías de acero con perfiles huecos.

Formada por perfiles de acero huecos.

Los raíles sobre los que desliza la caja son barras redondas.

La unión entre los raíles y la estructura de la estantería es una pieza metálica encajada en ranuras.

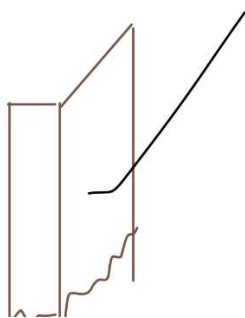
Sin tratamiento superficial.

Peso aproximado de 36 kg



*Ilustración 40 Estantería de perfiles de acero huecos. Fuente elaboración propia (2023).*

### C. Estantería de madera con raíles metálicos.



Estantería de madera.

Las piezas de madera se unen entre sí sin tornillos, con cortes que permiten encajar una tabla en otra.

Los raíles fabricados en acero se introducen en unos orificios en la madera de la estantería.

Madera tratada con barniz ecológico.

Peso aproximado de 30kg.

*Ilustración 41 Estantería de madera con raíles metálicos. Fuente Elaboración propia (2023).*

### D. Estantería de madera con raíles rectos.

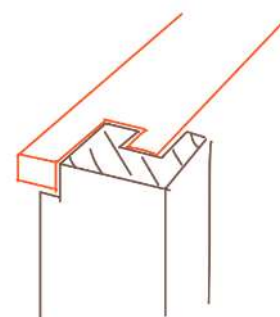
Estantería fabricada íntegramente de madera.

Las piezas de madera se unen entre sí gracias a unas ranuras cortadas que permiten que encajen unas en otras.

Los raíles son tablas rectas que se incrustan en la estructura vertical.

La madera está tratada con aceite de linaza.

El peso aproximado de la estructura es de 40 kg.



*Ilustración 42 Estantería de madera con raíles de corte recto. Fuente Elaboración propia (2023).*

### E. Estantería de madera con raíles trapeciales.



Estantería fabricada íntegramente de madera.

Las piezas se unen entre sí con cortes hechos en la madera que permiten encajar unas tablas en otras sin necesidad de pegamentos o tornillos.

Los raíles se encajan en unos huecos hechos con fresa con la forma de éstos en la estructura vertical.

La madera está tratada con aceite de linaza.

El peso aproximado de la estructura es de 35kg.

*Ilustración 43 Estantería de madera con raíles de corte trapecial.  
Fuente elaboración propia (2023).*

Como habíamos hecho con los conceptos de las cajas, procedemos a la valoración de los conceptos planteados valorando como se ajustan a los requisitos del pliego de condiciones que establecimos. De modo que valoraremos del 1 al 5 su idoneidad.

#### Valoración de los diferentes conceptos

Requisitos del pliego de condiciones	CONCEPTOS				
	A	B	C	D	E
Uso de material reciclado.	5	5	4	4	4
Unificación de materiales	5	5	4	5	5
Uso de materiales reciclables.	4	4	4	5	5
Reducción de espesores	4	4	5	3	4
Reducción de tornillos	5	5	5	5	5
Tratamiento superficial más ecológico	5	5	4	5	5
Formas simples	3	2	5	3	4
Diseño seguro	4	4	5	3	4
<b>Valoración total</b>	<b>35</b>	<b>34</b>	<b>36</b>	<b>33</b>	<b>36</b>

*Tabla 19 Valoración de los conceptos de estanterías planteados. Fuente Elaboración propia (2023).*

### 7.1.4.3. Conclusión de conceptos.

La opción elegida para el diseño de la estantería es la propuesta D, en la que todo está fabricado del mismo material y tiene un diseño sencillo y más seguro y elimina la tornillería.



Ilustración 44 Bosque para madera sostenible. Fuente Expoknews (2019).

La caja elegida para nuestro diseño es la caja D, fabricada en PP por termoformado que como vimos en el apartado 3.1.2. es el polímero que menor impacto genera y por la seguridad que aportan los raíles exteriores para la base modular.

Con este conjunto esperamos reducir los puntos débiles del conjunto existente.

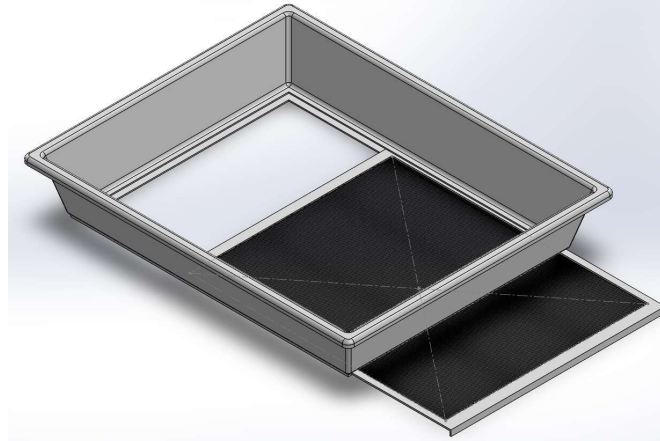
### 7.1.5. Producto en detalle.

Cómo hemos especificado en el punto 3.4.2.1. por cada 9 cajas tenemos un ciclo de cría. En el nuevo conjunto igual que en el anterior tendremos 4 ciclos de cría separados en 2 columnas. De forma que por cada columna tenemos 18 cajas.



Ilustración 45 Conjunto rediseñado. Fuente Elaboración propia (2023).

El conjunto está conformado por una estructura de madera que hace de estantería y 36 cajas donde se alojarán las larvas en las distintas etapas de su vida.

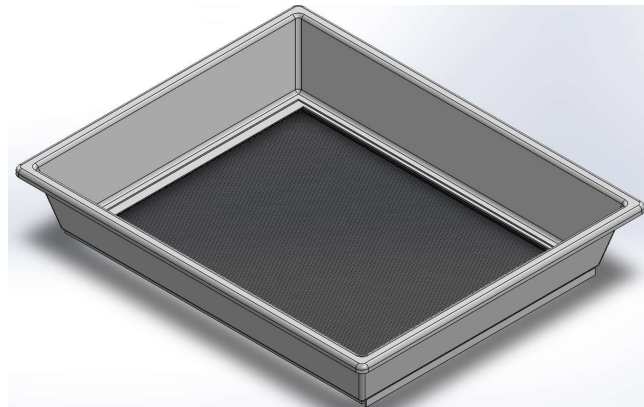


*Ilustración 46 Caja de cría de gusano con criba intercambiable. Fuente Elaboración propia (2023).*

Las cajas a su vez están compuestas por una estructura general que es la propia caja sin fondo y una criba intercambiable que según las necesidades de cría será una u otra.

El intercambio de ésta se hace recorriéndola por unos railes que se sitúan sobre la superficie inferior de la caja.

#### **7.1.5.1. Caja en detalle.**



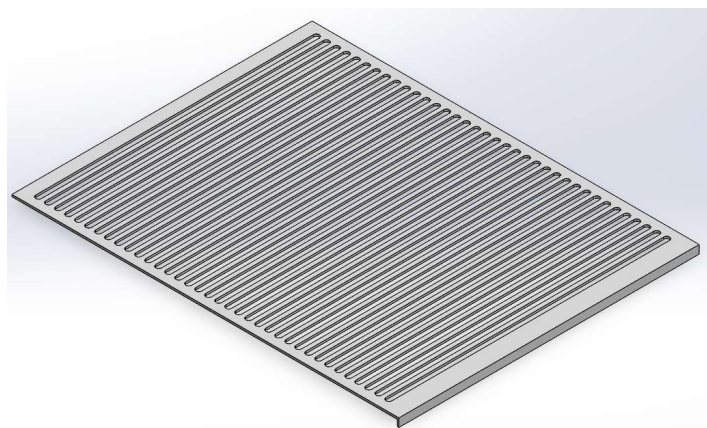
*Ilustración 47 Caja de cría de Tenebrio Molitor. Fuente Elaboración propia (2023).*

La caja tiene unas medidas de 55x45x9 cm (planos en Anexo I), ajustándonos a los criterios de ergonomía recomendados. Estas dimensiones nos permiten alojar un numero considerado de larvas en su interior y trabajar con esta caja con facilidad.

El material elegido ha sido el polipropileno reciclado, que a parte de tener un origen reciclado también es reciclable, lo que disminuirá el impacto ambiental de nuestro producto (ver Anexo II ).

Está fabricada por termoformado, que para la cantidad de cajas que vamos a fabricar es el proceso que menos impacto genera (ver Anexo III)

Las cribas están fabricadas igualmente en polipropileno por termoformado. La criba de pupas está completamente fabricada en PP por termoformado. Y las cribas tanto de guano como de huevos constan de un marco y una red de filamentos de PP, unidos tras fabricación por fusión térmica.



*Ilustración 48 Criba para pupas de Tenebrio Molitor. Fuente Elaboración propia (2023).*

La criba de pupas está fabricada íntegramente en polipropileno por termoformado.

La vida útil de las cajas es de aproximadamente 15 años, ya que no van a estar expuestas a condiciones climatológicas extremas ni a grandes fuerzas o cargas.

#### **7.1.5.2. Estantería en detalle.**

La estantería está compuesta por varios listones de madera. Estos listones tienen diferentes calados que le permiten unirse entre sí sin necesidad de tornillería o pegamentos, reduciendo así el impacto ambiental de ésta.

Sus dimensiones son de 111 x 55 x 220 cm. Separada en dos columnas y en cada una de ellas permite alojar 18 cajas en vertical.

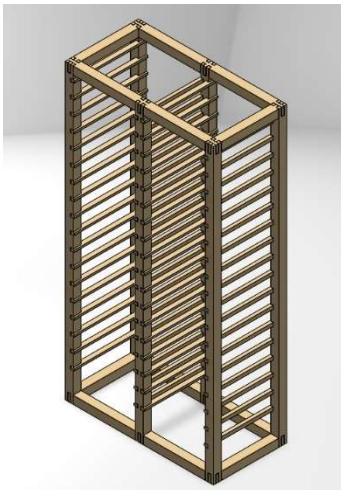


Ilustración 49 Estantería de madera para a alojamiento de cajas. Fuente Elaboración propia (2023)

La madera tiene un tratamiento superficial con aceite de linaza, ha sido el tratamiento seleccionado puesto que lo va a estar sometido a condiciones exteriores ni de corrosión.

La vida útil de la estantería se estima en unos 20 años, como hemos indicado, los esfuerzos y condiciones a los que estará sometida no son críticos.

#### 7.1.6. Plan de acción.

A continuación, estableceremos un plan de acción para no dejar en el olvido aquellas ideas de mejora que se han planteado pero que se ha pospuesto su implantación a medio o largo plazo.

Plan de acción del producto a medio y largo plazo

IDEA DE MEJORA	ACTUACIONES	REONSABLE	PLAZO
<b>Reducción de piezas</b>	-Estudio de un diseño y forma de trabajo que haga que se usen menos piezas.	Departamento de I+D	1 año
<b>Optimización del volumen.</b>	-Proponer unas dimensiones de caja más optimas donde quepan más gusanos.	Departamento de biología + Departamento de diseño	4 meses
<b>Reciclado de los residuos producidos por la maquinaria</b>	-Implantación de un sistema de recogido de los residuos de la maquinaria.	Departamento de I+D	1 año
<b>Elección de un taller cercano</b>	-Constante información de los negocios próximos.	Departamento de compras	Continua información

Tabla 20 Plan de acción de mejoras a medio y largo plazo. Fuente Elaboración propia (2023).

#### 7.1.7. Evaluación.

Evaluamos el impacto ambiental del nuevo conjunto con un ACV que desarrollamos a continuación y que comparamos con el del conjunto anteriormente analizado.

### 7.1.7.1. **Objetivo y alcance.**

El objetivo de este Análisis es el de cuantificar las mejoras que se han aplicado en nuestro diseño, comparando su impacto ambiental con el del conjunto de cría anteriormente analizado. En su fabricación, uso y fin de vida.

En nuestro conjunto de cría se pueden alojar 14400 larvas, lo que supone un consumo de 5,616 gramos al día.

Teniendo en cuenta la definición de nuestra unidad funcional, como 1kg de polímero consumido al día, nuestro conjunto supone un 0,56% de la unidad funcional.

Para organizar los datos de entradas y salidas del producto, nos valdremos de una matriz MET que recoja estos datos de todo su ciclo de vida.

#### **Matriz MET.**

	Entradas		Salidas
	M	E	T
	Uso de Materiales	Uso de Energía	Emisiones Tóxicas
<b>Obtención y consumo de materiales y componentes.</b>	-Madera (29,68 kg) -Polipropileno reciclado (18,36 kg)	-Consumo de energía en la producción de los materiales. -Transporte hasta la fábrica.	-Emisiones en la obtención de los materiales. -Emisiones en el transporte.
<b>Producción en Fábrica.</b>	-Material para la fabricación de moldes. -Material del mantenimiento de la maquinaria. -Aceite de linaza (0,5 kg)	-Consumo eléctrico de la maquinaria.	-Material residual del procesado de los materiales iniciales tales como virutas o sobrantes. -Residuos del mantenimiento de la maquinaria.
<b>Distribución.</b>		-Consumo de combustible en el transporte.	-Emisiones producidas por el combustible en el transporte.
<b>Uso.</b>	-Agua (1,4kg)		-Agua residual tras limpieza.
<b>Fin de vida, eliminación final.</b>	-Material reciclado.		-Emisiones producidas en la transformación de los residuos en materia prima.

Tabla 21 Matriz MET conjunto de crianza Tenebrio Molitor. Fuente Elaboración Propia (2023).

Definimos la vida útil de los componentes del conjunto.

➤ Cajas:

- Limpieza cada 7 semanas con 0,02l de agua para las cajas de un conjunto.
- Su ciclo de vida es de 15 años.
- Una vez terminado su ciclo de vida se recicla.

➤ Estanterías:

- Limpieza cada dos semanas con 0,5l de agua.
- Su ciclo de vida es de 20 años.
- Una vez terminado su ciclo de vida se recicla.

### 7.1.7.2. **Análisis de Inventario.**

El inventario de este conjunto es el siguiente.

Como mencionamos anteriormente, todos los elementos de SimaPro han sido escogidos de la biblioteca Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit, los hemos seleccionado de los apartados market for, puesto que no conocemos su origen.

Material	kg	Pieza	Proceso
Madera	4,832	Listones estructura	Madera “ Eco Estantería Cría” *
Linaza	0,5		Aceite Linaza **
PP reciclado	0,51	Cajas	Plastic granulate, unspecified, recycled
Fabricación	Material	Proceso	
Fresado	Madera	Fresado Madera****	
Inyección	Polipropileno	Thermoforming of plastic sheets	

*Tabla 22 Inventario del nuevo conjunto. Fuente Elaboración propia (2023).*

\*Basado en (Sawwood, beam, hardwood, dried (u=10%),planed {Europe without Switzerland})

\*\*Elaboración propia a base de Linseed {GLO}

\*\*\*A partir de FRESA MADERA (Basada en (Power saw production, withouth catalytic converter {GLO}))

Para fabricar la estructura de madera se necesitan:

- 6 listones verticales
- 2 listones horizontales de anchura
- 2 listones horizontales de profundidad
- 72 listones para railes

### 7.1.7.3. Evaluación de Impacto con SimaPro.

Como en la anterior evaluación de impacto, la realizaremos con el Software SimaPro versión 2021 y usaremos la base de Datos Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit, de 2021.

Realizamos una evaluación con el método IPCC 2021 GWP100 V1.00 a 100 años. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Categoría de Impacto	Unidad	Total	Montaje	Uso	FdV
GWP100	Kg CO <sub>2</sub> eq	868	828	39,8	-
			<b>Estantería</b>	<b>Caja</b>	
			616,86	211,14	

Tabla 23 Evaluación de impacto con SimaPro del Conjunto de Cría diseñado. Fuente Elaboración propia (2023).

Estos datos quedan reflejados en la siguiente gráfica:

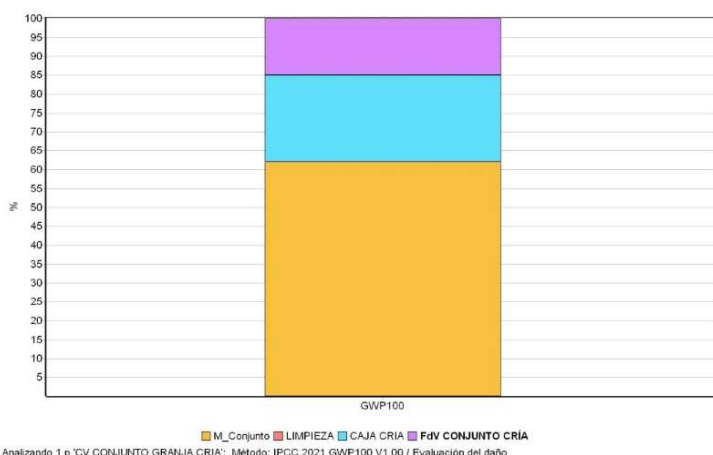
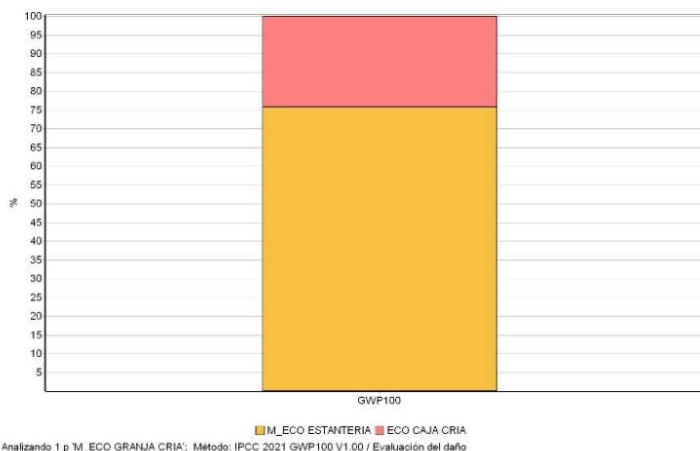


Ilustración 50 Evaluación de impacto con SimaPro del Conjunto de Cría diseñado. Fuente Elaboración propia (2023).

Ilustración 51 Evaluación de impacto del montaje del Conjunto de Cría diseñado. Fuente Elaboración propia (2023).



En el siguiente diagrama podemos ver los procesos o materiales que más impacto generan en el ciclo de vida de nuestro producto:

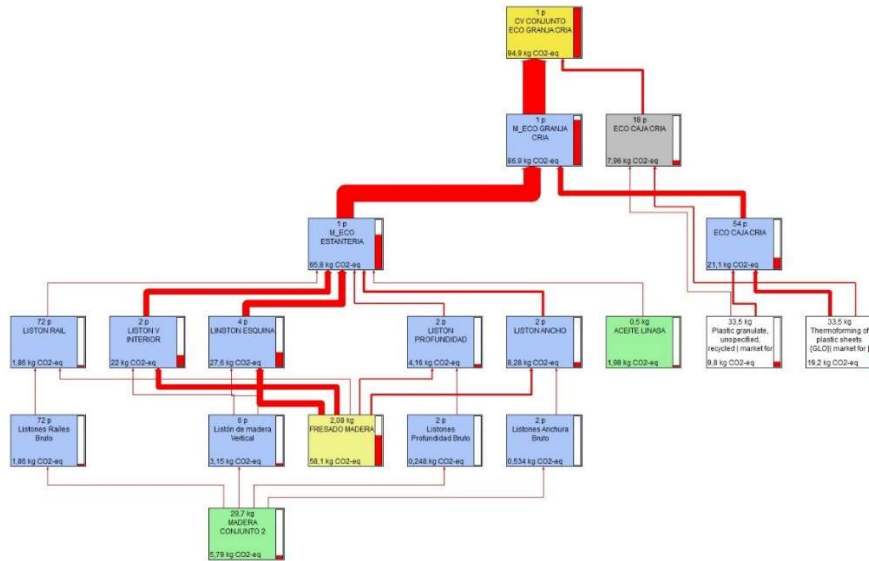


Ilustración 52 Análisis de impacto con SimaPro del Conjunto de Cría diseñado. Fuente Elaboración propia (2023).

#### 7.1.7.4. Interpretación y conclusión.

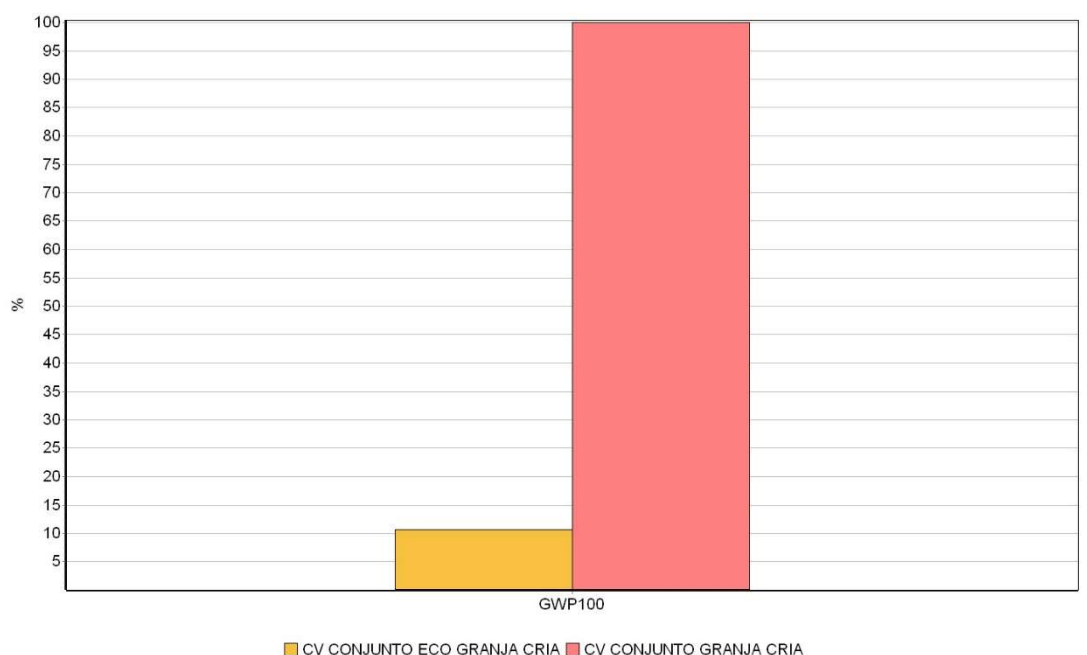
En los resultados obtenidos en este análisis podemos apreciar ciertos aspectos:

- El uso de un polímero reciclado ha reducido en gran medida el impacto de las cajas de cría.
- El reciclaje de los componentes en el fin del ciclo de vida también ha contribuido a reducir el impacto del conjunto.
- El mecanizado de la madera es el aspecto más influyente en el impacto ambiental del conjunto diseñado.

#### 7.1.8. Comparativa.

Para finalizar, realizamos una comparativa de impacto entre el Conjunto escogido para rediseñar y nuestro diseño.

El resultado obtenido ha sido el siguiente:



Comparando 1 p 'CV CONJUNTO ECO GRANJA CRIA' con 1 p 'CV CONJUNTO GRANJA CRIA'; Método: IPCC 2021 GWP100 V1.00 / Evaluación del daño

*Ilustración 53 Comparativa de Impacto con SimaPro. Fuente Elaboración propia. (2023)*

El impacto de origen fósil y biogénico ha disminuido en más de un 80%, el impacto de tipo de transformación de la tierra apenas lo ha hecho en un 20%.

En general la disminución de impacto es notable.

## 8. CONDICIONES PARA EL DISEÑO DE LA NAVE INDUSTRIAL

Se va a encargar el proyecto de la nave industrial a un ingeniero mecánico con unas condiciones que se especificarán a continuación (El diseño de la nave no es objeto de este proyecto).

### 8.1. ESPACIOS NECESARIOS.

Según la labor que se va a desarrollar en nuestra nave industrial tenemos que habilitar diferentes dependencias.

- Zona de condiciones controladas para la cría de Tenebrio Molitor.
- Zona de almacenamiento y preparado del plástico.
- Zona de almacenamiento de sustancia orgánica y preparado de alimento.
- Laboratorio.
- Oficina de administración.

- Aseos.
- Zona de carga y descarga de camiones.
- Zona de envasado de guano.
- Cuarto de maquinaria e instalaciones.

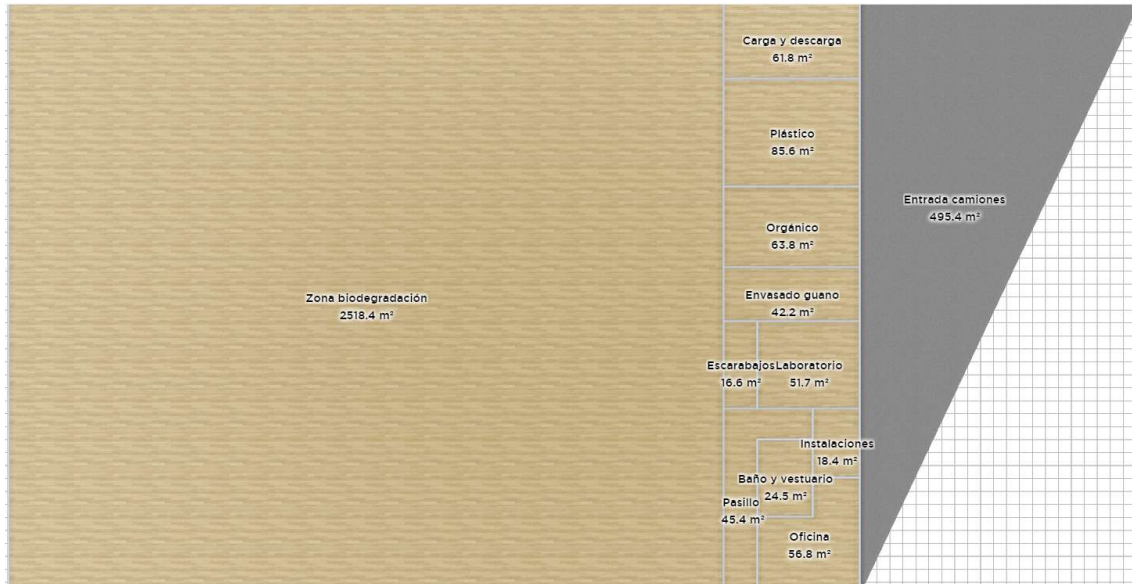


Ilustración 54 Plano de distribución de la nave. Fuente Elaboración propia (2023).

## 8.2. ZONA DE CRÍA DE TENEBRIO MOLITOR.

Teniendo en cuenta que el plástico producido mensualmente en el polígono es de 7.256 kg, y que los gusanos consumen 0,39mg de plástico al día, vamos a calcular la necesidad de gusanos para poder procesar todo el plástico generado.

Plástico generado en el polígono: 7.256 kg/mes → Aprox. 241,87 kg/día

Si un gusano procesa 0,39mg al día se necesitarán aproximadamente 620,17 millones gusanos para procesar el plástico generado en el polígono.

Teniendo en cuenta que las larvas por caja pueden ser de hasta 600, pero estimaremos un máximo de 500 para redondear por los que puedan ir muriendo o creciendo más lentamente, y que disponemos de un total de 28 cajas con larvas por conjunto, se necesitarán aproximadamente 44.300 conjuntos.

La superficie que ocupan los 44.300 conjuntos es de aproximadamente 28.794 m<sup>2</sup>, esta superficie la multiplicaremos por un factor de 1,2 por la superficie libre que necesitaremos para el trabajo entre los conjuntos, de manera que la total necesaria sería de 34.552 m<sup>2</sup>. La degradación del 100% del plástico generado es un proyecto demasiado ambicioso, ya que no se dispone de tal extensión ni la opción de gestionar una granja de dicha capacidad. Con las naves o solares existentes intentaremos optimizar la distribución de los conjuntos situándolos en dos plantas dentro de nuestra nave, y además en cada planta sitúa una segunda superficie de conjuntos en una

estructura independiente tipo andamio. Si como hemos visto anteriormente la estancia de cría del Tenebrio Molitor de nuestra nave tiene una superficie aproximada de 2.500 m<sup>2</sup>, y de la forma que hemos explicado se dispondrían en vertical cuatro conjuntos de cría, la superficie de la que disponemos para nuestros conjuntos es de 10.000 m<sup>2</sup>. Con esta superficie podemos biodegradar aproximadamente un 30% del plástico generado en el polígono.

### 8.2.1. Condiciones controladas para la cría de Tenebrio Molitor.

Como vimos en el apartado 3.3.2.1. para un buen desarrollo de la larva de Tenebrio Molitor, se necesitan unas condiciones específicas de temperatura y de humedad relativa.

Por tanto, debemos instalar una sala blanca que esté climatizada por un equipo de climatización con control de humedad.

Las condiciones son de temperatura deben comprenderse entre 25–28°C y el porcentaje de humedad relativa debe estar entre 40-70%.

Estas condiciones son compartidas por la zona de cría y el laboratorio.

## **9. SISTEMA DE TRABAJO PARA LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE ECONOMÍA CIRCULAR.**

A partir de las 24 semanas la producción de huevos en las hembras desciende de manera muy acentuada.

### 9.1. PUESTA EN MARCHA DEL NEGOCIO.

Para poner en marcha el negocio necesitamos 2 meses previos al trabajo normal de la granja.

Deberemos comprar los primeros escarabajos que pondrán los huevos y a partir de los cuales comenzaremos a funcionar. De media en sus 6 primeras semanas fértiles pueden poner unos 500 huevos (Davirán, 2017), a partir de ahí disminuye su fertilidad considerablemente. En este tiempo la media de puesta es de unos 100 huevos a la semana, por lo que necesitaríamos 8 hembras para que haya unas 600 larvas. Pero como todos los huevos no eclosionan y algunas larvas se pueden morir o sufrir canibalismo entre ellas, debemos asegurar un número mayor, por lo que necesitaríamos por lo menos 10 escarabajos hembra en cada caja y otros tantos machos.

Estos escarabajos serían sustituidos a las 6 semanas por otra tanda igual, este proceso se repetirá cada 6 semanas.

Cada semana desde la primera irán bajando las cajas un puesto inferior y colocando una nueva para los huevos. Así hasta completar cada ciclo de cría a los 2 meses, cuando ya se podrá realizar el trabajo normal.

Para poner en marcha el negocio también hay que dar de alta nuestra empresa como gestora de residuos.

### 9.1.1. Alta como gestora de residuos.

Para poder llevar a cabo este proyecto es necesario que la Comunidad Autónoma, en nuestro caso Andalucía, nos conceda la autorización. Existe una autorización de explotación y otra de las instalaciones, aunque en nuestro caso, al ser la misma sociedad la titular de la explotación, así como de las instalaciones, la Consejería nos dará una autorización unificada de la instalación y de la actividad.

Para que nos concedan la autorización como gestora de residuos debemos adecuarnos al Decreto 73/2012, de 20 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía; la ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental; la ley 3/2023, de 30 de marzo, de Economía Circular de Andalucía y la ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

Según la Junta de Andalucía (2023) el plazo de tramitación se estima en 10 Meses. Estas autorizaciones se conceden por un plazo máximo de ocho años, pasado el cual se renovarán automáticamente por períodos sucesivos equivalentes previa inspección favorable. En el caso de las autorizaciones otorgadas a las instalaciones a las que resulte de aplicación el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación, se estará a los plazos dispuestos en esa normativa.

## 9.2. SUMINISTRO DE ALIMENTO Y RECOGIDA DE PRODUCTO DEL TENEBRIO MOLITOR.

El proceso de trabajo con los gusanos una vez se alcancen las condiciones normales de trabajo, se realizará en cada conjunto con una semana de separación y será el siguiente:

Estableceremos un orden de cajas de 1 a 9 en cada ciclo, siendo la 1 la más baja y la 9 la más alta, la de los escarabajos.

- 1) Empezando por la caja 1, se filtra el guano en un cubo, se separan las pupas de las larvas y se vacían ambas en cubos diferentes. La caja recogida se separa.
- 2) Se coge la segunda caja empezando desde abajo y se criba el guano. Seguidamente se separan pupas y larvas. Las pupas se vacían al cubo que hemos escogido para ellas y las larvas se sitúan en una caja nueva con una base sólida, sin filtro de guano. Y esta caja se coloca en la posición primera empezando desde abajo.
- 3) El proceso 2 se va repitiendo con las cajas siguientes hasta llegar a la posición 5 inclusive.
- 4) En las cajas 6 y 7 solo se criba el guano y se baja la caja a un puesto inferior.
- 5) La caja 8 se baja al puesto 7 sin cribar y en su lugar se coloca una nueva caja dónde caerán los huevos desde la caja 9.

Cada día se suministrará una pequeña cantidad de alimento preparado en cada una de las cajas desde la 1 a la 7 para alimentar a nuestras larvas.

### 9.2.1. Personal.

El cambio de cajas en cada estantería puede durar entre 5 minutos, y el darle de comer a las larvas de cada estantería dura aproximadamente 1 minuto.

Tenemos aproximadamente 15.625, diariamente se cambian las cajas en 1 de cada 7 estanterías, y se alimentan todas las cajas.

Se hace el cambio de caja en 2.233 estanterías y se alimentan las 15.625, el tiempo total en desarrollar esta labor se estima en 446 horas.

Unidad de trabajo	Nº de unidades de trabajo diarias	Tiempo/unidad	Tiempo
Cambio de cajas	2.233	5 minutos	186.08 h
Alimentar larvas	15.625	1 minutos	260 h
			<b>446 h</b>

*Tabla 24 Horas de trabajo necesarias en la granja. Fuente Elaboración propia (2023).*

Con esas horas de trabajo diario lo debemos distribuir entre 55 trabajadores a jornada completa, para realizar el trabajo en la granja, a parte necesitaremos otro tipo de trabajadores como administrativos o personal de mantenimiento.

## 9.3. RECOGIDA DE RESIDUOS.

Igual que las empresas actualmente dependen de una gestora de residuos que recoge los contenedores con cierta periodicidad, nosotros pasaríamos a ser esa gestora de residuos.

Al encontrarnos en el mismo polígono que nuestros clientes, podríamos reducir el tamaño de los contenedores y el periodo de recogida. A nosotros nos beneficiaría el hecho de que nuestro camión debería ser mucho menor y las instalaciones de las empresas estarían más limpias ya que se acumularían menos residuos.

## 9.4. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS Y PREPARACIÓN DE ALIMENTO.

Una vez los residuos entren en nuestras instalaciones se clasificarán y almacenarán según el tipo de plástico o si es materia orgánica.

Teniendo en cuenta lo que hemos visto en el apartado 5.2.2., que solo podremos llevar a cabo la degradación de un porcentaje del plástico, deberemos separar los polímeros recuperables de aquellos restos que no sean reciclables o reutilizables. Priorizaremos la biodegradación de estos últimos.

Con estos residuos se prepara el alimento para nuestras larvas.

Los polímeros pasarán por una trituradora, y se mezclarán con la materia orgánica que será cortada de forma manual para que los trozos tengan unas dimensiones considerables y conserven mejor la hidratación.

De los residuos restantes el polipropileno reciclable será tratado para usarlo en la elaboración de las cajas de nuestro conjunto de cría. Los sacos recogidos de las cooperativas que sean útiles para el envasado del guano serán recogidos con este fin. Y el resto se trasladarán a una gestora de residuos, la que consideremos que tiene una forma de trabajar más ecológica.

## 9.5. ENVASADO DE GUANO Y VENTA.

El guano recogido será analizado y envasado. Posteriormente será puesto en venta, nuestros potenciales clientes son las cooperativas agrícolas, que lo venderán a sus agricultores.

El guano producido supone un 8% del plástico degradado. Si como hemos visto antes, podemos consumir diariamente un 30% del plástico generado, y se genera 241,87 kg/día. El consumido es de 72 kg/día. Producimos 6 kg de guano al día. El precio del guano de Tenebrio Molitor puede ascender hasta los 25€ el kg.

El guano se envasará en sacos reutilizables, a ser posible recogidos de las cooperativas para no generar nuevos productos, en las cooperativas se pondrá un contenedor para la recogida de estos.



Ilustración 55 Guano de Tenebrio molitor. Fuente Amazon (2023).

## 9.6. LABORATORIO.

Puesto que la biodegradación de plástico mediante insectos es un aspecto en el que aún no se ha profundizado mucho, nuestro laboratorio se dedicará a la investigación de este campo. Se buscarán datos exactos de biodegradación, y de producción de materia orgánica.

Además, intentará demostrar lo que ya algunos estudios indican, que pasadas 48h de la ingesta de plástico, desaparece todo resto de éste del organismo de nuestras larvas.

Esto nos permitiría poder cambiar la legislación y vender esta larva como alimento a las piscifactorías cercanas a nuestras instalaciones.

El laboratorio podría ser gestionado por otra sociedad ya sea pública o privada, con investigadores competentes que se dediquen a buscar todas las utilidades y aprovechamientos que podemos obtener del Tenebrio Molitor.

## 9.7. ECONOMÍA CIRCULAR

El Sistema de Economía Circular, se organiza de la siguiente forma:

- Entradas:
  - Recogida de plástico de las principales generadoras de residuos plásticos.
  - Recogida de producto orgánico de las cooperativas y de los locales de hostelería.
- Salidas:
  - Guano para las cooperativas agrícolas.
  - Aunque aún no es posible vender como alimento un animal que se ha alimentado de residuos, los laboratorios lucharán por demostrar que no queda resto de materia polimérica en el organismo del Tenebrio horas después de su ingesta y poder comercializar la larva.
  - Los escarabajos sobrantes para la puesta pueden venderse a la industria farmacéutica o cosmética para la producción de quitosano.
  - Larvas para investigación.



Ilustración 56 Esquema de la propuesta de Economía Circular.

## 10. PRESUPUESTO

### 10.1. PRESUPUESTO CONJUNTO CRÍA

En la superficie de nuestra nave podemos ubicar unos 12.825 conjuntos de cría de Tenebrio Molitor, calcularemos el precio aproximado para cada estantería y caja.

#### 10.1.1. Presupuesto estantería de madera

- Precio de los listones → 5,81€/m (Bricoking, 2023)
- Precio del trabajo de carpintería → 20€/h (Cronoshare, 2023)

	Cantidad	Precio total (€)
Madera	26,42 m	153,50
Trabajo carpintería	45 min	15
		<b>168,5</b>

Tabla 25 Cálculo de presupuesto fabricación de estantería de madera. Fuente Elaboración propia.

#### 10.1.2. Presupuesto Caja de Polipropileno

- Precio del polipropileno reciclado → 0,58€/kg (Solostock, 2023)
- Precio de termoformado → 1,81€/kg (quiminet, 2023)

	Cantidad (kg)	Precio total (€)
PP	0,450	0,261
Termoformado	0,450	0,8145
		<b>1,0755</b>

Tabla 26 Cálculo de presupuesto de fabricación de caja de Polipropileno. Fuente Elaboración propia (2023).

#### 10.1.3. Presupuesto escarabajos iniciales.

Al principio necesitamos 8 hembras de escarabajo de Tenebrio Molitor. Para la puesta en cada ciclo. Pero en el tiempo de trabajo inicial necesitamos cambiar los escarabajos antes de que ya hayamos criado los nuestros propios por lo que necesitamos 16 en cada ciclo, y cada conjunto tiene 4 ciclos de cría. Por lo que necesitamos 64 escarabajos

hembra. Según la tienda Lombrices de California (2023) el precio de 30 escarabajos es de 9,95€, cada escarabajo saldría a 0,33 céntimos aproximadamente. Como no sabemos el porcentaje de hembras y machos supondremos 50-50%.

Por lo que compramos 128 escarabajos para cada conjunto, lo que supone un precio de 42,45€

#### 10.1.4. Presupuesto inicial conjunto de cría.

<b>Presupuesto conjunto de cría</b>	
Estantería	168,5
Caja x 36	38,72
Gusano x 128	42,45
<b>Total</b>	<b>249,67</b>

Tabla 27 Cálculo de presupuesto inicial del conjunto de cría de Tenebrio Molitor. Fuente Elaboración propia.

Si hay un total de 12.825 conjuntos el presupuesto inicial total es de 3.202.017,75€.

A esto habría que sumar el presupuesto de la construcción de la nave y las instalaciones necesarias que se encargarían a una empresa externa.

## 10.2. PRESUPUESTO NAVE INDUSTRIAL

Para conocer el presupuesto inicial de la Construcción de la Nave Industrial con las instalaciones necesarias lo encargaremos a una empresa externa.

Necesitamos:

- Construcción de la nave industrial con los espacios mencionados en el apartado 8.1.
- Instalación eléctrica de Baja Tensión (BT).
- Instalación térmica de climatización con control de humedad.
- Instalación de fontanería.

El estudio del presupuesto de la nave industrial no entra dentro de este trabajo.

Firmado: María José Sillero Rubio 76068277-D



Handwritten signature of María José Sillero Rubio, with the name 'José' written below it.

## 11. VIABILIDAD.

### 11.1. GASTOS.

La empresa debe pagar a todos los empleados mensualmente

Supongamos un total de 60 empleados, cobrando el Salario Mínimo Interprofesional (SMI) de 1080€ x14 pagas anuales, lo que supone 75.600€ al mes.

Los gastos de luz, agua o gasoil para el transporte suponen un porcentaje muy pequeño comparado con el del salario de los empleados.

### 11.2. INGRESOS.

Los ingresos obtenidos de la actividad de nuestra empresa tienen origen en la recogida y gestión de residuos, la venta del guano producido, la posible venta de las larvas de Tenebrio Molitor y por la concesión de subvenciones públicas.

#### 11.2.1. Recogida y gestión de residuos.

El precio de recogida de un contenedor será de 120€. Los datos cedidos por las empresas indican que la cantidad de contenedores retirados mensualmente en de media:

Empresa	Contenedores
Congelados APOLO	2
COMERCO	5
Los Gallombares	10
San Isidro	3
<b>Total contenedores</b>	<b>20</b>
<b>Total de ingresos mensuales</b>	<b>2.400€</b>

Tabla 28 Ingresos de gestión de residuos. Fuente Elaboración propia (2023).

#### 11.2.2. Venta de guano.

Producimos aproximadamente 6kg de guano al día, lo que supone 180kg al mes.

Si podemos llegar a vender el kg de guano a 25€, podemos obtener mensualmente **4.500€**, a partir de la producción de guano.

#### 11.2.3. Venta de Tenebrio Molitor.

De las 2.333 estanterías que se hace el cambio de caja cada día tenemos 9.332 ciclos, de cada ciclo a la última caja ha podido llegar en fase larvaria un total de 200 larvas. Esto supone que al día podemos sacar 1.866.400 larvas para su venta. Cada larva tiene un peso aproximado de 140mg, por lo que al día podemos producir 261,3 kg de Tenebrio Molitor. Según Tienda grillo (2023) el precio de 1kg de larvas de Tenebrio Molitor asciende a 15€. La venta de estos supone unos **117.583€** al mes.

#### 11.2.4. Subvenciones públicas.

El pasado enero, la Junta de Andalucía anunciaba la concesión de Subvenciones a través de los fondos NextGenerationEU de la Unión Europea para mejorar la gestión de residuos. Nuestra empresa podría ser la beneficiaria de alguna de dichas subvenciones.

#### 11.3. CONCLUSIONES DE VIABILIDAD.

Como hemos podido ver en los apartados anteriores, el mayor flujo de ingresos es el originado a partir de la venta de larvas. Por tanto, la viabilidad de nuestra granja va a depender en gran parte de la aprobación de la venta de las larvas como alimento para otros animales.



## **ANEXO I. PLANOS.**

### ÍNDICE

Plano 1. Caja de cría.

Plano 2. Caja de cría.

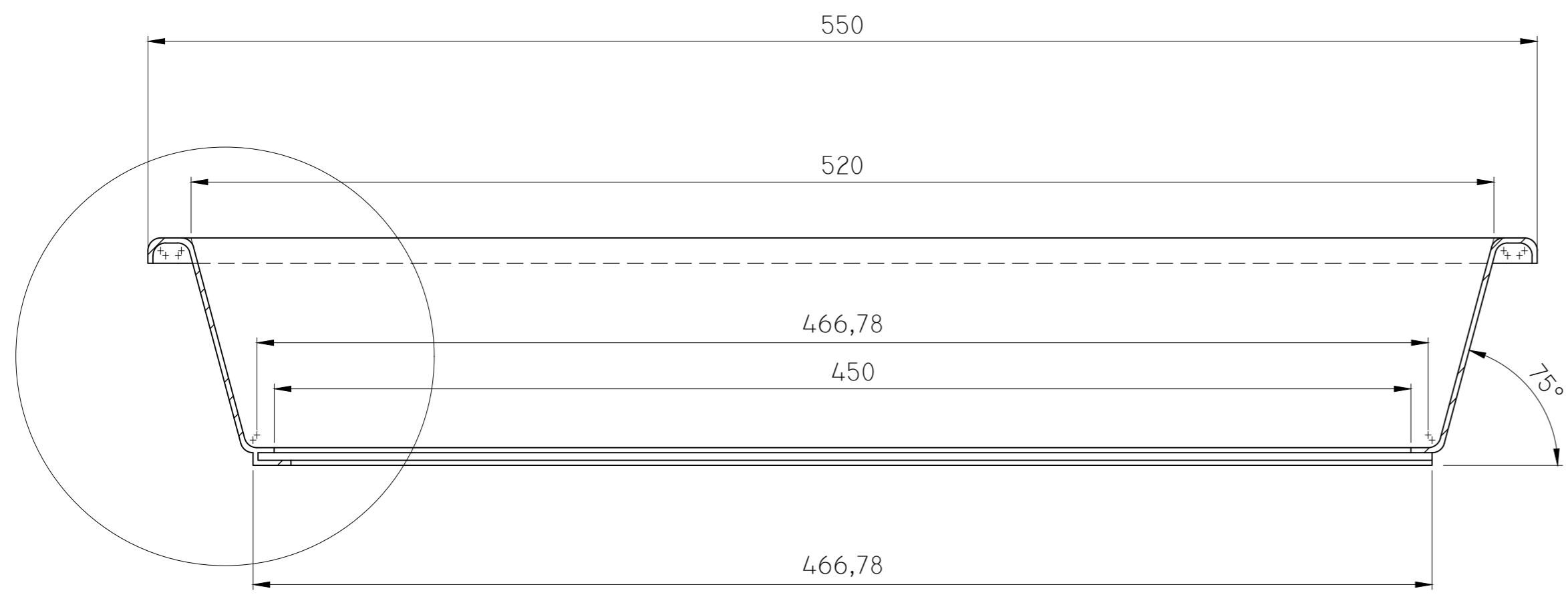
Plano 3. Listón vertical de esquina.

Plano 4. Listón horizontal de anchura.

Plano 5. Listón vertical interior.

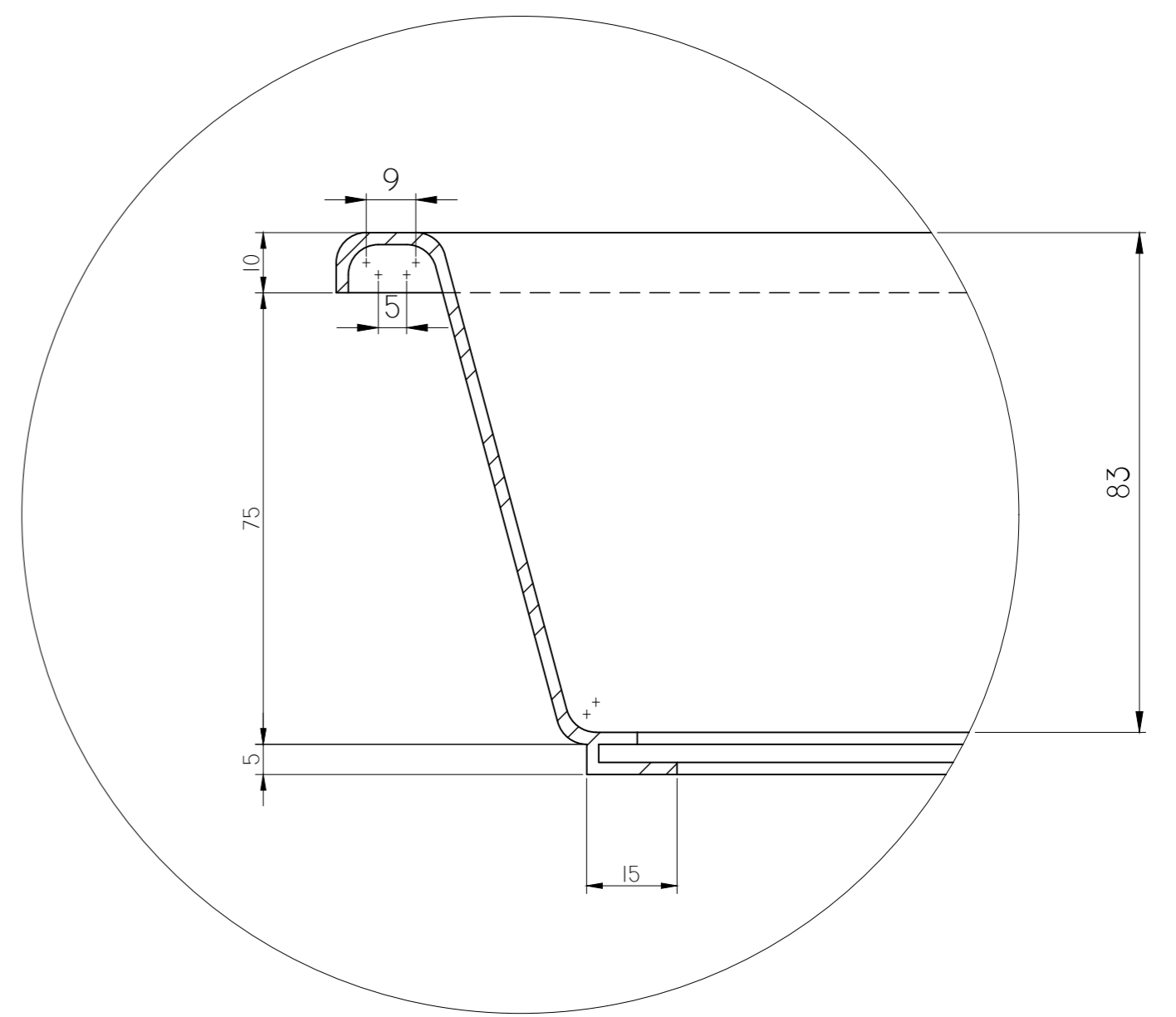
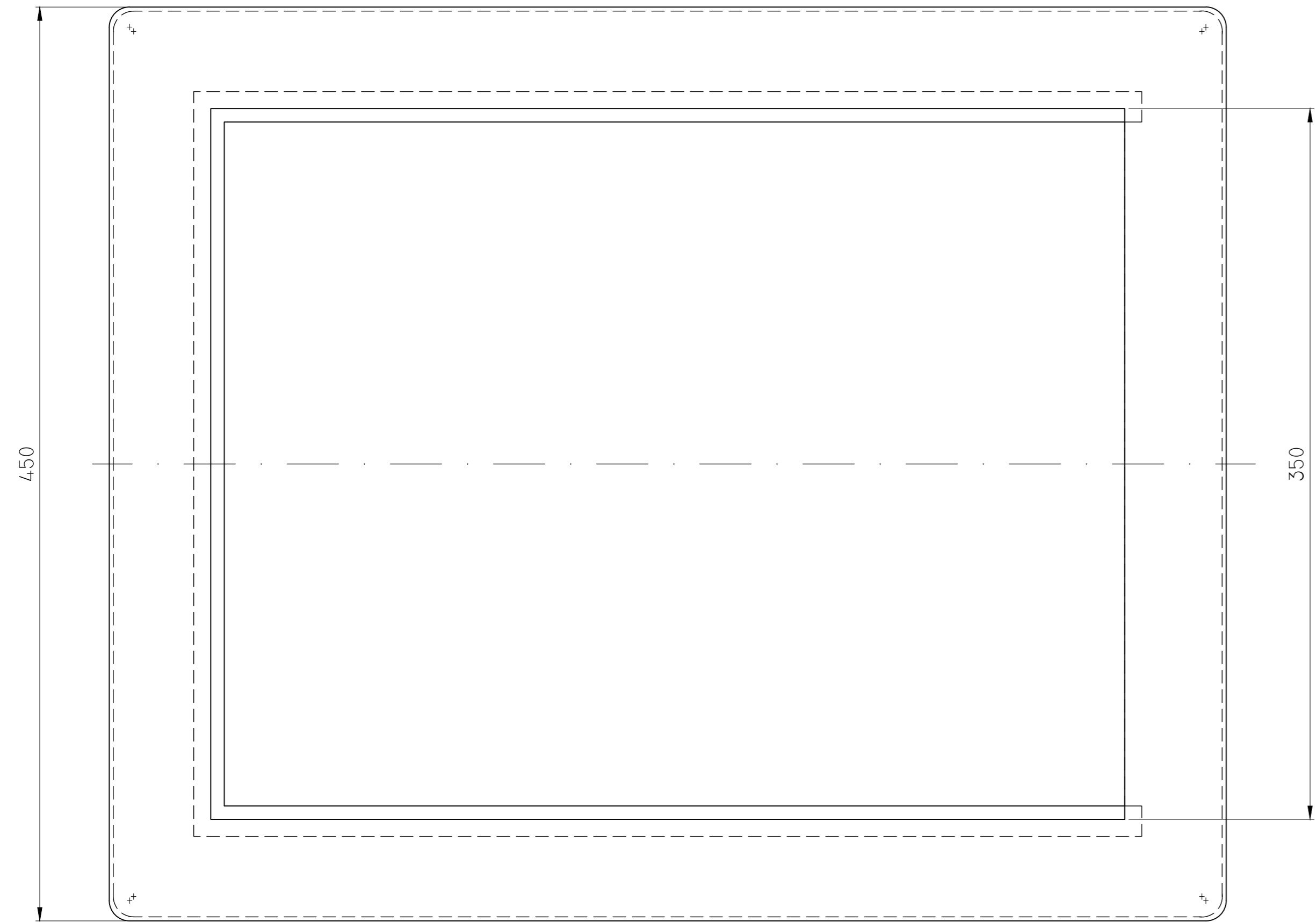
Plano 6. Listón horizontal de profundidad.

Plano 7. Listón rail.



REDONDEOS 5  
 ESPESOR 2

DETALLE A



DETALLE A  
 ESCALA 1:1



Departamento de  
 Expresión Gráfica,  
 Diseño y Proyectos

DESIGNACION PLANO:

Caja ECO Conjunto Cría  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

PROYECTO: ECO Conjunto para cría de Tenebrio Molitor

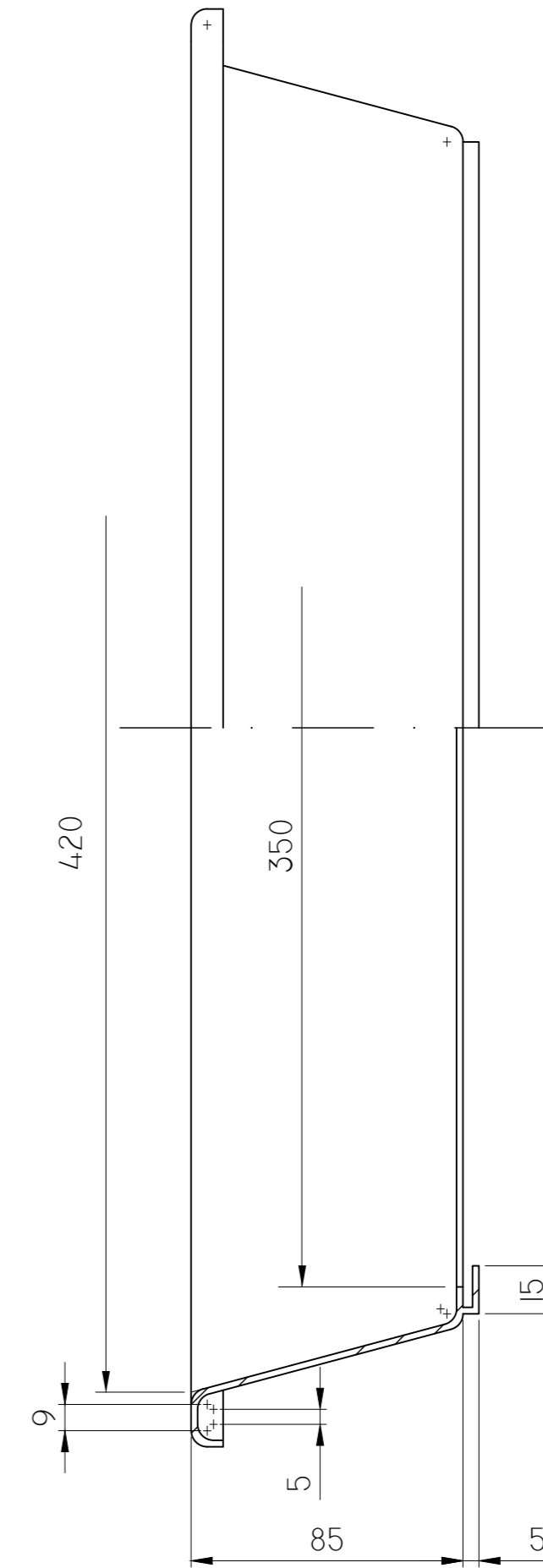
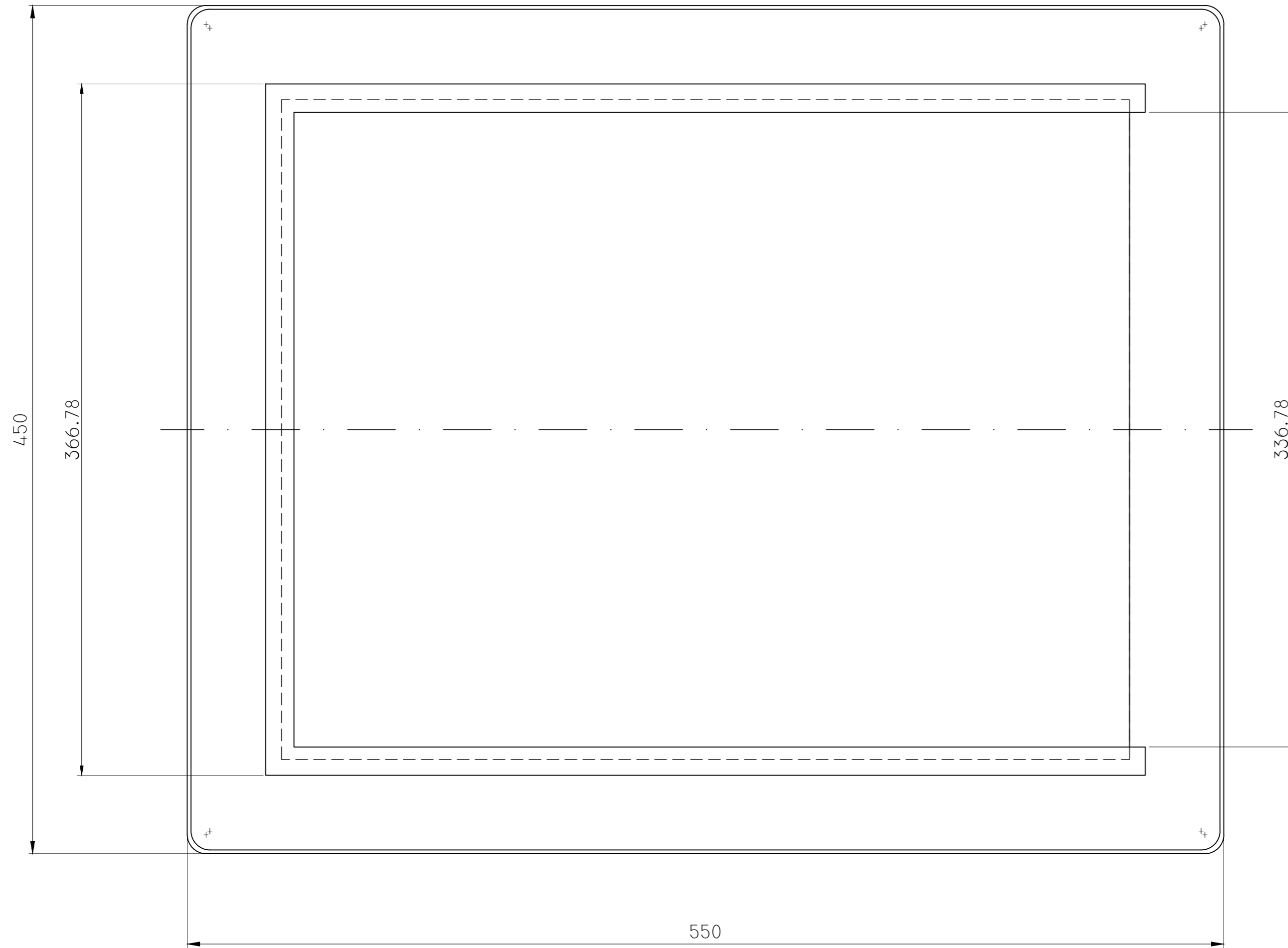
FIRMA:  
 Maria José  
 FDS: Maria José Sillero Rubio  
 GRUPO:  
 GRADO:

FECHA:  
 21/05/2023

ESCALA:  
 1:2

Nº PLANO:  
 1

REDONDEOS 5  
ESPESOR 2



Departamento de  
Expresión Gráfica,  
Diseño y Proyectos

PROYECTO: ECO Conjunto para cría de Tenebrio Molitor

DESIGNACION PLANO:

Caja ECO Conjunto Cría

FIRMA:

Maria José

FDS: Maria José Sillero Rubio  
GRUPO:  
GRADO:

FECHA:

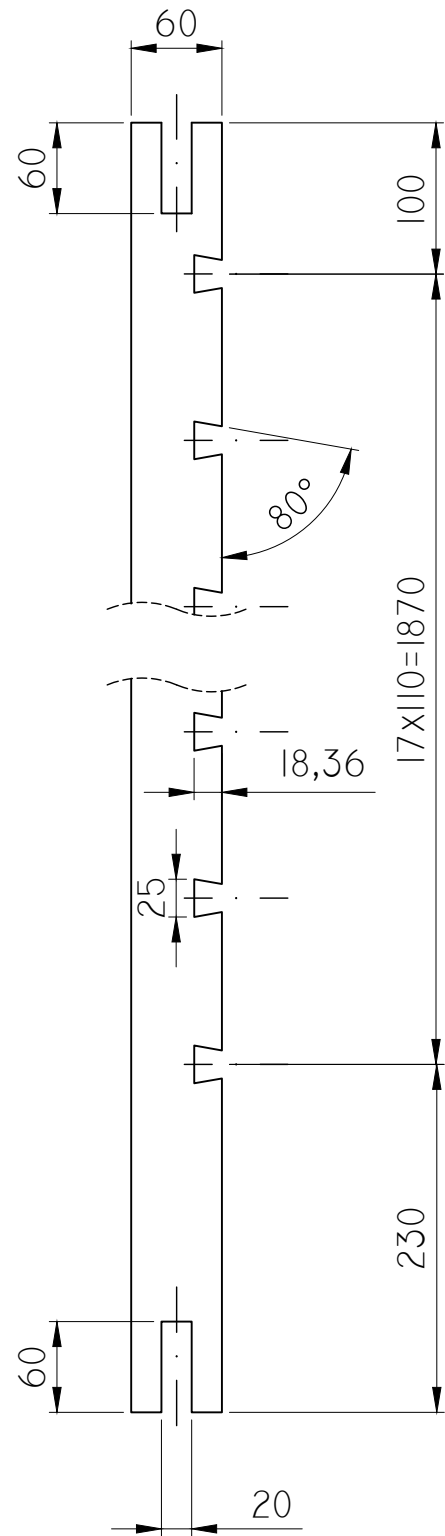
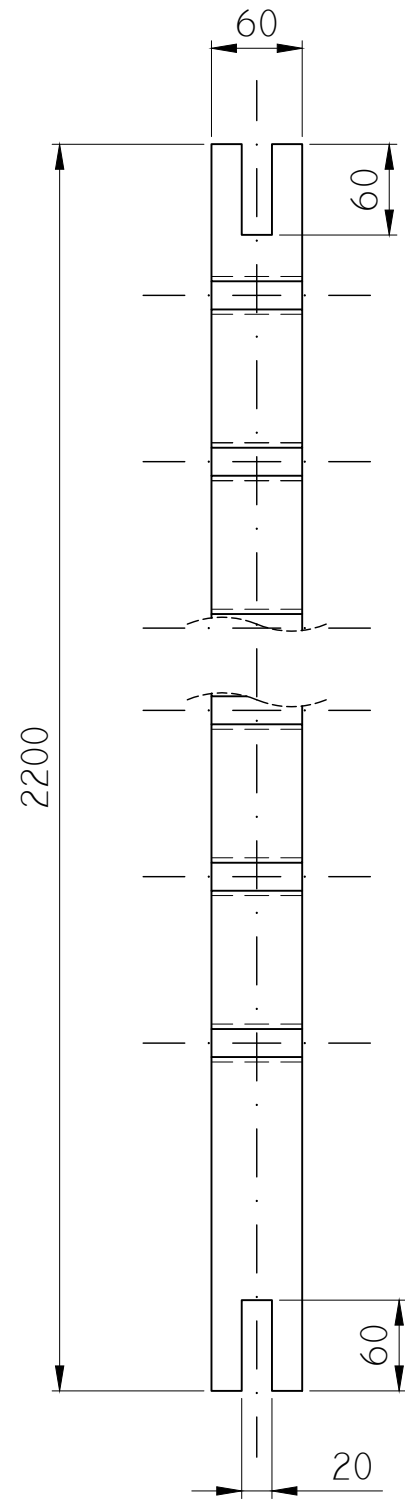
21/05/2023

ESCALA:

1:2

Nº PLANO:

2



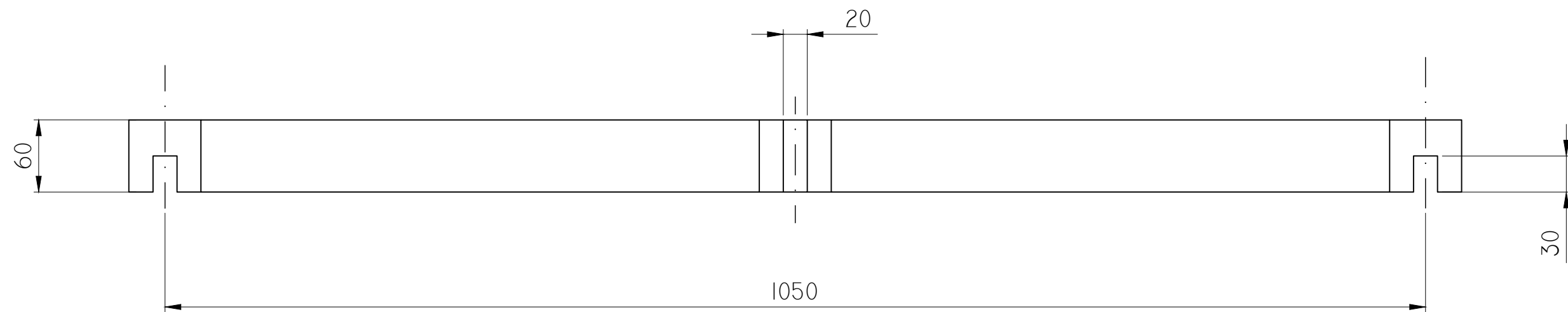
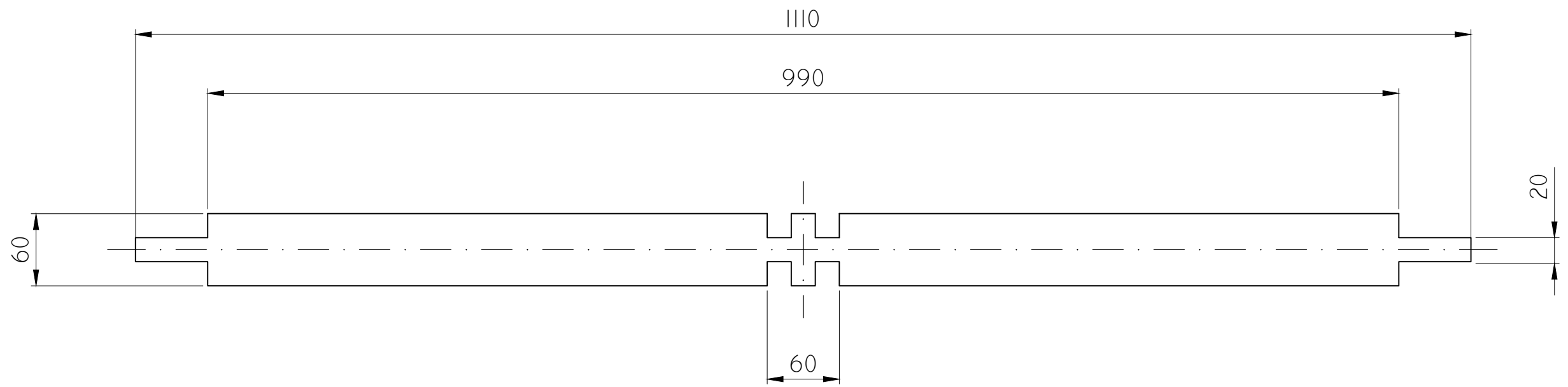
Departamento de  
Expresión Gráfica,  
Diseño y Proyectos

PROYECTO: ECO Conjunto para cría de Tenebrio Molitor

DESIGNACION PLANO: Listón vertical de  
esquinas de estantería de  
ECO Conjunto Cría

FIRMA: Maria José  
FDO.: Maria José Sillero Rubio  
GRUPO:  
GRADO:

FECHA: 21/05/2023  
ESCALA: 1:5  
N° PLANO: 3



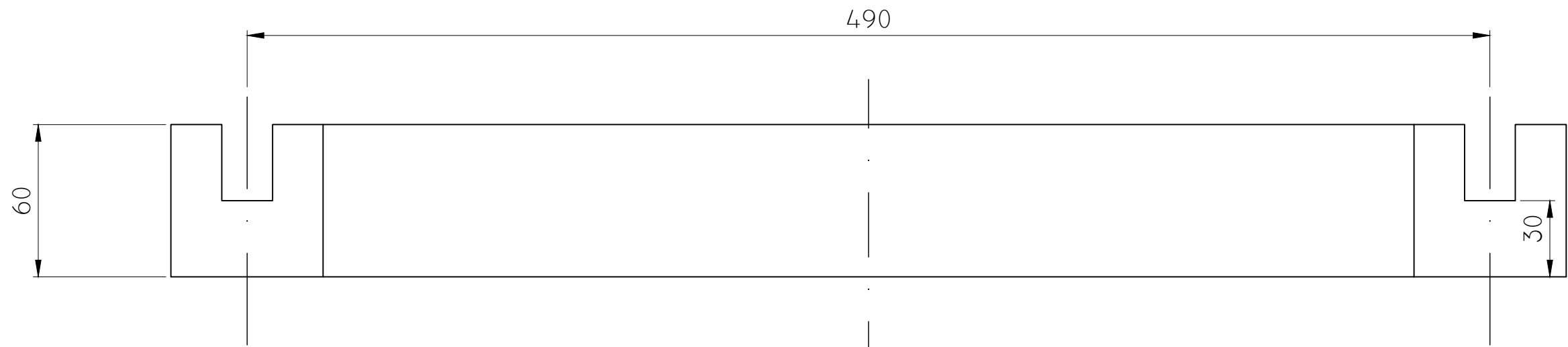
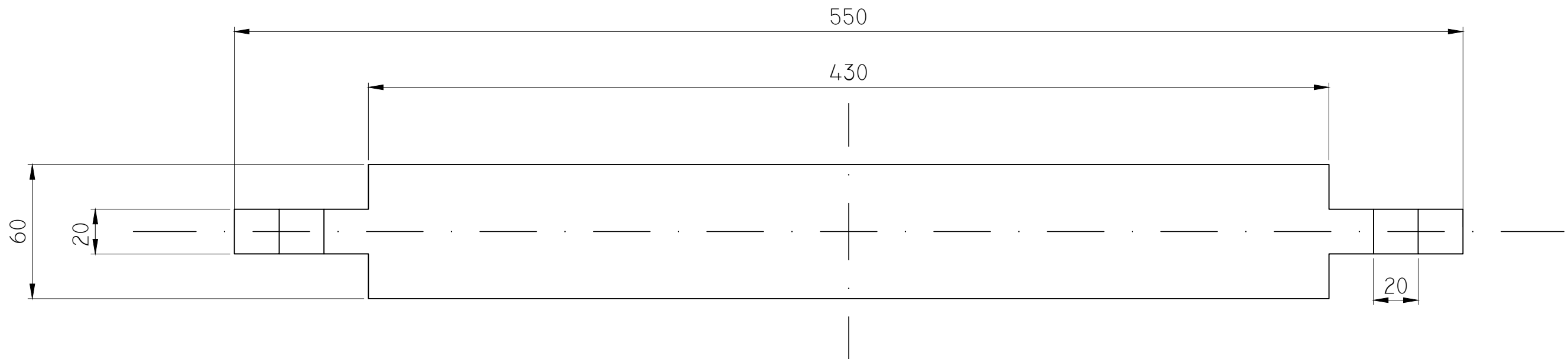
Departamento de  
Expresión Gráfica,  
Diseño y Proyectos

PROYECTO: ECO Conjunto para cría de Tenebrio Molitor

DESIGNACION PLANO: Listón horizontal de  
anchura de estantería de  
ECO Conjunto Cría

FIRMA: Maria José  
FDO.: Maria José Sillero Rubio  
GRUPO:  
GRADO:

FECHA: 21/05/2023  
ESCALA: 1:4  
Nº PLANO: 4



PROYECTO: ECO Conjunto para cría de Tenebrio Molitor

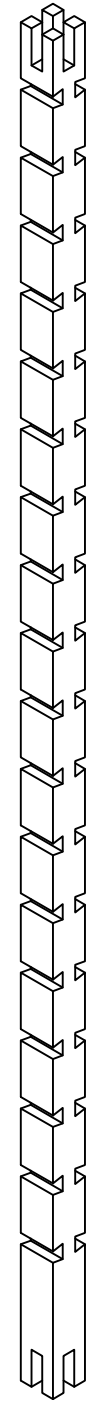
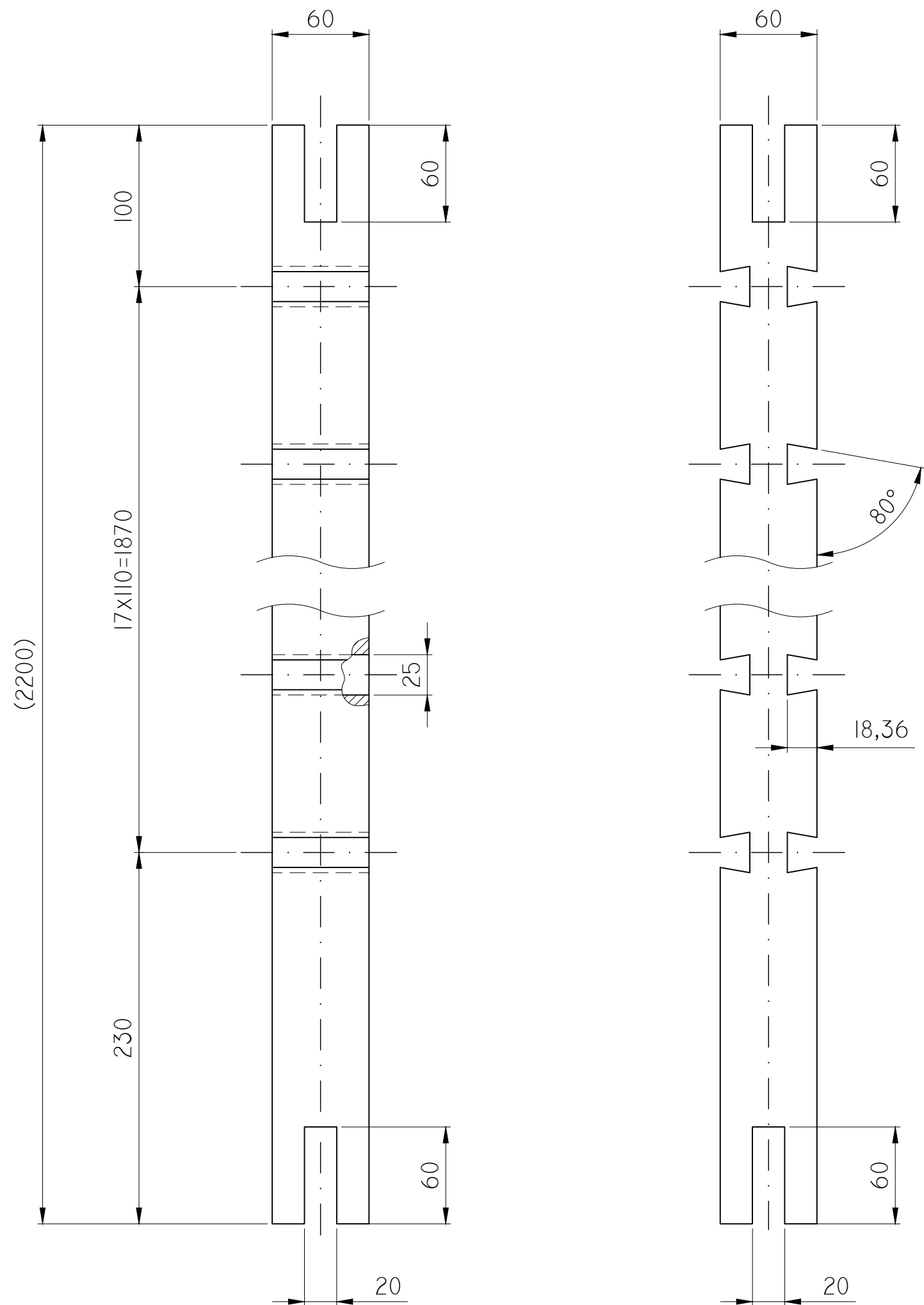
DESIGNACION PLANO: Listón horizontal de profundidad de estantería de ECO Conjunto Cría

FIRMA: María José  
 FDO.: María José Sillero Rubio  
 GRUPO:  
 GRADO:

FECHA: 21/05/2023

ESCALA: 1:2

Nº PLANO: 5

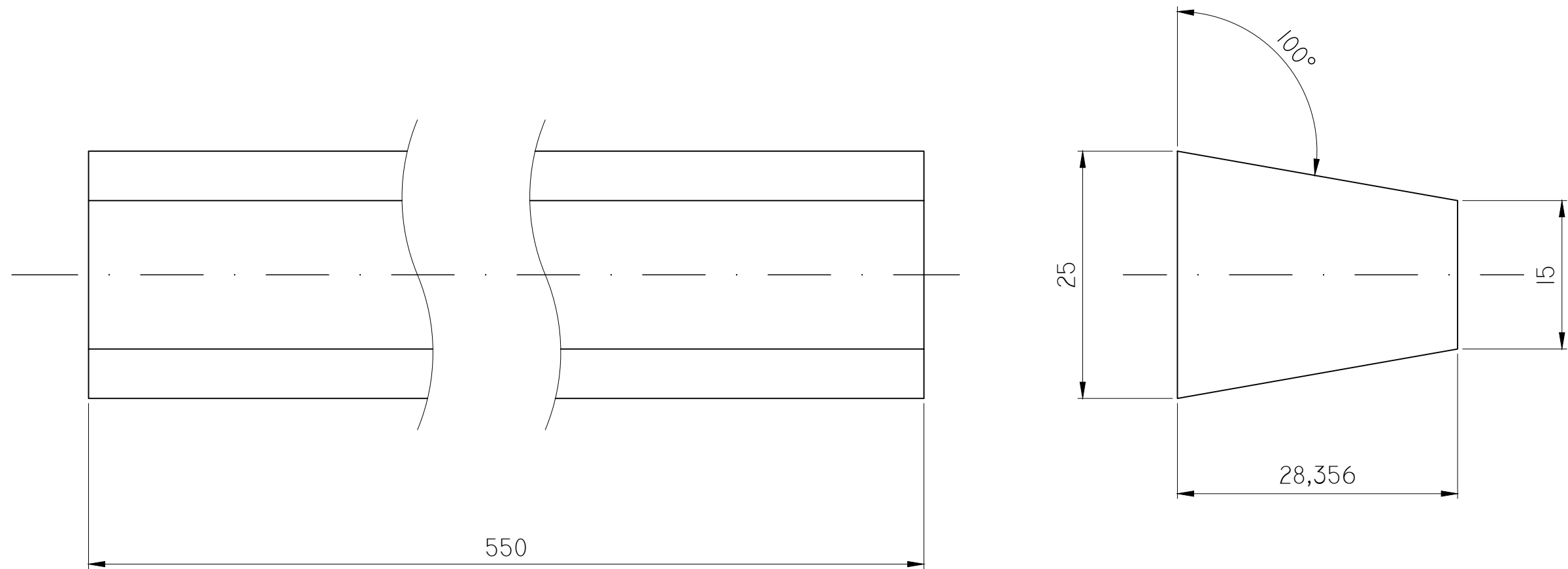


PROYECTO: ECO Conjunto para cría de Tenebrio Molitor

DESIGNACION PLANO: Listón vertical de interior de estantería de ECO Conjunto Cría

FIRMA: María José  
 FDO.: María José Sillero Rubio  
 GRUPO:  
 GRADO:

FECHA: 21/05/2023  
 ESCALA: 1:3  
 N° PLANO: 6



PROYECTO: ECO Conjunto para cría de Tenebrio Molitor

DESIGNACION PLANO: Listón de raíles  
de estantería de  
ECO Conjunto Cría

FIRMA: Maria José  
FDO.: Maria José Sillero Rubio  
GRUPO:  
GRADO:

FECHA: 21/05/2023  
ESCALA: 2:1  
Nº PLANO: 7

## ANEXO II. SELECCIÓN DE MATERIALES.

Para la selección del material de las **cajas** planteamos las exigencias:

- Expuesto a ambiente húmedo
- Expuesto a Tenebrio Molitor, que puede comerse los polímeros de baja densidad, madera o cartón.
- Que puedan fabricarse hilos o filamentos de este mismo material para la unificación de material con las cribas.
- Reciclable

Por la exposición a humedad descartamos los metales, que pueden resultar oxidados.

Para contener al Tenebrio Molitor, descartamos lo polímeros de baja densidad, el cartón o la madera.

De aquí, concluimos que el material escogido será un polímero de alta densidad. En la ilustración 6 tenemos una comparativa dónde nos indica que el plástico que menos impacto genera en el medio ambiente es el polipropileno. Este material tiene algunas propiedades que nos interesan (Ensinger, s.f.) como son:

- Excelente resistencia química
- Gran pureza
- Muy baja absorción de humedad
- No sufre agrietamiento por esfuerzo

Igualmente, el polipropileno puede ser trefilado, creando un filtro de este material que se une al marco por termofusión.

El polipropileno puede ser reciclable y reciclado. Por tanto, nuestra elección será el polipropileno reciclado.

Para la elección del material para las **estanterías** planteamos las siguientes exigencias:

- Bajo peso.
- Capacidad de unión sin soldadura, pegamento o tornillos.
- Resistente al peso de las cajas.
- Bajo impacto ambiental.

De las exigencias planteadas podemos concluir, la exclusión de polímeros, por su impacto ambiental y la baja resistencia al soportar el peso de las cajas. Por el peso que pueda tener la estantería excluimos también los materiales metálicos, que además también tienen un alto impacto ambiental.

Nos quedamos con la madera. Ha una gran variedad de madera, dependiendo del árbol o bosque de origen.

Una buena opción son las maderas provenientes de bosques sustentables. Se considera un bosque sustentable al lugar que es económicamente rentable, amigable con el medio ambiente, y socialmente responsable; estos tres puntos son los principales pilares de la sustentabilidad (López, 2019).

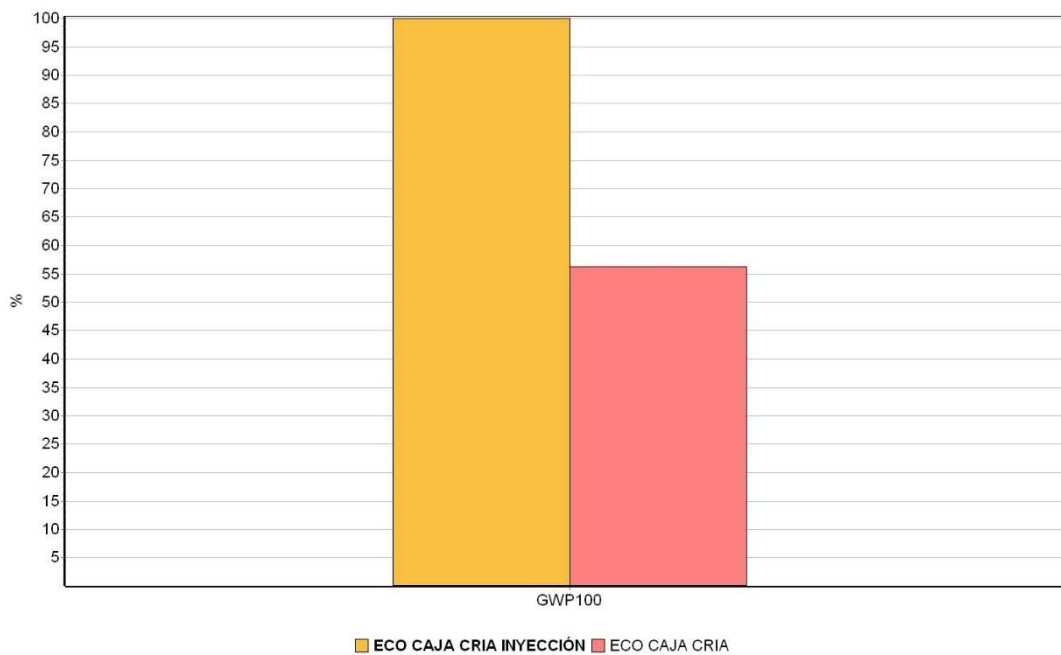
De los diferentes tipos de árboles, encontramos en el pino una opción sostenible, pues crece rápidamente, es resistente y reutilizable (arteria creativa, 2021).

## ANEXO III. SELECCIÓN DE PROCESO.

Las técnicas de transformación de los plásticos dependen del tipo de polímeros y del destino de los productos terminados. Algunos métodos se utilizan habitualmente en la fabricación industrial: inyección, inyección-soplado, extrusión, extrusión-soplado y termoformado (Elydan, s.f.).

De los procesos mencionados, para la fabricación de nuestras cajas nos son útiles la inyección o el termoformado.

Valoraremos cuál de estas dos técnicas es más ecológica. Lo haremos con SimaPro, creando una caja con termoformado y otra con inyección y comparando el impacto ambiental de ambas.



Comparando 1 p 'ECO CAJA CRIA INYECCIÓN' con 1 p 'ECO CAJA CRIA'; Método: IPCC 2021 GWP100 V1.00 / Evaluación del daño

*Ilustración 57 Comparación de cajas fabricadas con diferentes procesos. Fuente elaboración propia (2023)*

De esta comparación podemos deducir que la fabricación por termoformado genera menos impacto ambiental, por tanto, será este el proceso seleccionado.



## **ANEXO IV. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO AL XXVII CONGRESO INTERNACIONAL DE DIRECCIÓN E INGENIERÍA DE PROYECTOS.**

Se ha presentado un artículo sobre el tema tratado en este TFG al XXVII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos, que se celebrará en Donostia - San Sebastián del 12 al 13 de julio de 2023.

El artículo ha sido el siguiente:

## 1. Introducción

El sector industrial es un elemento clave para obtener una economía competitiva, estable, sostenible y garante del bienestar colectivo (Cámara de Comercio de España, 2018). Las principales manifestaciones de la industria históricamente se han representado en las grandes ciudades españolas (Madrid, Barcelona, Bilbao, Valencia, ...) convirtiéndolas en grandes capitales económicas y de transformación del territorio. También hay que destacar el papel de las ciudades medias (con un rango demográfico de 50 a 300.000 habitantes) en la articulación del territorio nacional (Andrés López, G., 2020), ya que suponen el 23% de la población urbana, el 25% del empleo industrial del país, y más del 33% del suelo productivo. Gracias a la presencia de los polígonos industriales y el impacto que su actividad ha generado, ha favorecido el desarrollo de economía y de la sociedad urbana de estos municipios, además de la interrelación e integración en redes territoriales que caracterizan a este tipo de territorios.

La industria española se caracteriza por la concentración en ciertas ramas de actividad, como la agroalimentación, que acapara cerca el 18,1% de la facturación industrial según los datos del Instituto Nacional de Estadística en el año 2020 (INE, 2022). Los residuos agroalimentarios se producen anualmente en cantidades muy elevadas, lo que plantea un grave problema, tanto ambiental como económico. Se calcula que en la agricultura se utiliza un 3,4 % del mercado de los plásticos, sobre todo en envase y embalajes (más de 1,13 trillones de artículos de embalaje que la industria alimentaria utilizó en Europa durante 2018 (EL DIA, 2021)). Estos plásticos tienen una vida útil muy corta y se convierten en un residuo difícil de gestionar. Los residuos plásticos cuando llegan al medioambiente se degradan y desintegran en pequeñas partículas (micro plásticos) provocando contaminación en océanos, tierra y aire (Visco, A., et al., 2022); (ONU, 2022).

El sector industrial, a pesar de su modernización y haber introducido las tecnologías de la información (TI) en su producción, sigue teniendo un elevado consumo de recursos, materias primas y energía, que es insostenible desde el punto de vista medioambiental. Las nuevas tecnologías se han introducido principalmente para aumentar el beneficio económico, lo cual nos puede llevar a un modelo insostenible por las limitaciones existentes tanto para garantizar que los recursos naturales se utilicen a un ritmo constante, como para la capacidad del planeta para absorber los residuos que producen las empresas. Según los investigadores, la integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) en la industria, se debe realizar a través de políticas de sostenibilidad ambiental mediante los siguientes puntos de partida (Oláh, J. et al., 2020):

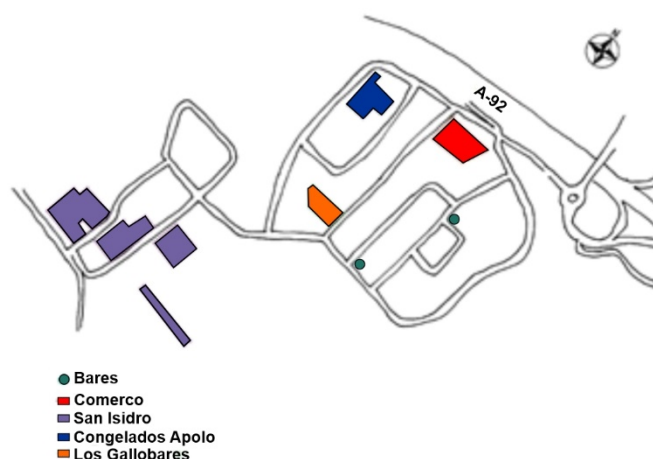
- Controlar los insumos de materias primas, información y energía
- Diferenciar entre productos refinados y de calidad y subproductos.
- Tratar los residuos antes de eliminarlos de forma que se reduzca la contaminación atmosférica, la contaminación del agua y el suelo, y que puedan volver a utilizarse para ser o generar recursos naturales.
- Establecer políticas para que el ecosistema tenga la oportunidad de regenerarse, de lograr la coexistencia

En el 2015, la Unión Europea planteó las estrategias para pasar de una economía lineal a una economía circular para cerrar ciclos de productos (incluyendo materiales y sustancias) y obtener una oportunidad para modernizar y transformar la economía europea en su camino hacia una competitividad sostenible (EPA Network, 2017). El pasado 30 de marzo de 2023 se aprobó en el Pleno del Parlamento de Andalucía la Ley de Economía Circular de Andalucía (LECA) que persigue un desarrollo sostenible que haga compatible el crecimiento económico con una utilización adecuada de los recursos naturales existentes. El eje de esta ley es poner en valor los productos, los materiales y los recursos para que se mantenga en la economía

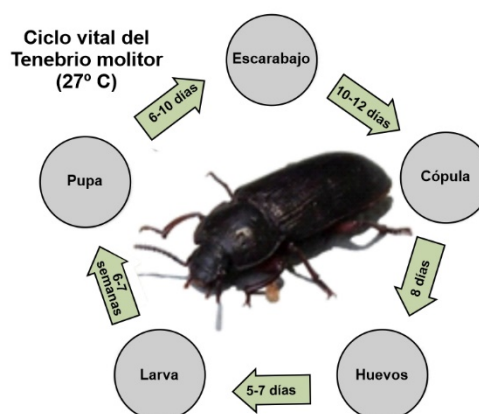
durante el mayor tiempo posible y reducir al mínimo la generación de residuos y complementa la Estrategia Española de Economía Circular “España Circular 2030” aprobada el 2 de junio de 2020 (Ley 3/2023). Podemos destacar de esta ley la priorización del Análisis del Ciclo de Vida como herramienta para la adopción de la economía circular y conocer los Impactos Ambientales de los distintos procesos industriales. Adopta también el principio de eficiencia, para la optimización del uso de recursos a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos, aplicando criterios de ecodiseño en la concepción de los productos y servicios. También se centra en la disminución de los residuos generados, aplicando la jerarquización de los residuos (reutilización, reciclado, valoración de residuos, ...) y elimina trabas administrativas para la consideración de subproductos y fin de la consideración de residuos. También hace referencia a los plásticos y envases y asume las Directivas 2018/852 y 2019/904 del Parlamento Europeo y del Consejo para la reducción de estos productos.

El objetivo de este trabajo es centrarnos en el sector industrial de Loja (Granada), que debido a su posición estratégica y a ser un sector agroalimentario tradicional (principalmente espárrago y olivar) (SIMA;2023), cuenta con diferentes Polígonos Industriales que generan un número elevado de residuos plásticos. Se pretende diseñar un Sistema de Economía Circular para valorar el residuo plástico y gestionarlo como un subproducto que entre de nuevo en el circuito industrial como una nueva materia prima.

**Figura 1. Esquema ubicación de las empresas.**  
(Elaboración Propia)



**Figura 2. Ciclo de Vital del tenebrio molitor**  
(AlimentovivoSamsa, 2022)



## 2. Descripción del Polígono Manzanil II de Loja

El Polígono Manzanil II es una zona industrial situada en el término municipal de Loja, en la provincia de Granada. En él se ubican numerosos negocios como: talleres mecánicos, electromecánicos, comercios mayoristas, tiendas de repuestos, distribuidores de bebida, industria textil, distribuidores de material de construcción, cooperativas agrícolas,... Estos negocios se distribuyen en una superficie de aproximadamente 350.000 m<sup>2</sup> (Catastro, 2022). En este polígono se encuentran algunas de las empresas que más facturan de Andalucía (El Corto, 2020), como es Congelados APOLO SL, Coaliment AndaluciA SL (COMERCO) o San Isidro de Loja SCA. Junto a estas, también se encuentra una de las naves principales de Los Gallombares SCA, una cooperativa agrícola de las principales exportadoras de espárrago verde de Europa (Europapress, 2020) (Figura 1). Por lo anterior, este polígono es un punto fuerte de la economía de este municipio, aunque en los últimos años está perdiendo parte de su actividad industrial por el cierre de negocios de este sector (La Plaza Digital, 2022). Otra zona industrial que por su cercanía al polígono se tendrá en cuenta es Riofrío, donde se

encuentran las piscifactorías de truchas y esturiones. Según la información aportada por las empresas, los residuos plásticos que genera son los que aparecen en la Tabla 1.

**Tabla 1. Residuos plásticos generados por empresas del polígono (Elaboración propia)**

<b>Empresa</b>	<b>Residuos (kg/mes)</b>
Congelados APOLO	342
COMERCO	3.3500
Los Gallombares	1.950
San Isidro	1.615
<b>Total</b>	<b>7.256</b>

Además de los residuos plásticos, se tienen en cuenta los residuos orgánicos como restos de la producción de las verduras y las granzas de café de bares situados en el polígono.

### **3. Valoración del Residuo Plástico mediante Tenebrio Molitor**

#### **3.1. Tenebrio Molitor**

El tenebrio molitor, normalmente conocido como Gusano de la Harina, es un insecto de orden coleóptero, de la familia de los Tenebroidae. Como todos los coleópteros, sufre una metamorfosis completa, es decir, es un insecto holometábolo. Desde que sale del huevo, pasa por la fase larvaria, se convierte en pupa (capullo) y finalmente llega a imago (escarabajo), último estadio del desarrollo de los insectos (Topinsect, 2022). En esta última fase es donde alcanza la etapa adulta y se desarrolla el sexo para poder reproducirse. Es su fase larvaria la que actualmente tiene más aplicación, pudiendo usarse como cebo para pesca, alimento animal (ej. reptiles), acuicultura o recientemente reconocido por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) como alimento humano gracias a su alto contenido proteínico (El Norte, 2022) (Turk et al, 2021) (Wikiwand, 2022). El guano (excrementos) producido por estos gusanos se encuentra en un momento de auge en su uso como fertilizante orgánico (Poveda J., 2018), por su gran aporte de nutrientes y de protección contra las plagas. Pero lo que más nos interesa a nosotros es que estas larvas son capaces de alimentarse además de desechos orgánicos, de diferentes polímeros y por tanto, transformar los residuos plásticos en alimentos altos en proteína con nutrientes de alta calidad (Corona, 2021). El tenebrio molitor puede valorizar el residuo plástico transformándolo en CO<sub>2</sub> y materia orgánica (guano). Recientes estudios como el de Wu (2019) han determinado que 48h después de la ingesta de plástico no queda resto de polímeros en el organismo de estos animales, aunque actualmente según se consultado a MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) cualquier gusano que se alimente de polímeros no puede servir de alimento para otros animales. El ciclo vital de estos insectos se representa en la Figura 2.

Numerosos estudios demuestran la capacidad del tenebrio molitor para degradar el plástico como los de Molina et al.,(2016), o las investigaciones de Álvarez y Botache (2020). La manera de alimentar a este gusano, es un factor importante, ya que, si en su dieta falta agua, estos animales pueden recurrir al canibalismo, además con una dieta compuesta únicamente por poliestireno sólo produce cambios en el tamaño y el color del coleóptero, pero no afecta a su salud y reproducción (Álvarez & Botache, 2020).

Según el primer estudio, en un experimento de 45 días, 23 larvas fueron capaces de biodegradar el 96% de 10g de poliestireno (Molina et al.,2016). También el estudio de Chávez et al. (2022) arroja otros datos, que con tres repeticiones una cantidad inicial de 16 larvas se tuvo una eficiencia del 54,2%. El estudio de Davirán (2017), concluye que la cantidad de

polímero consumido es directamente proporcional a la densidad de este. El estudio más importante realizado de este consumo es el de Wei-Min Wu, indican que el consumo medio es de 0,39mg al día (Wu, 2019). Además, estima que un 8% de la masa de plástico ingerido se convierte en guano. En la Tabla 2, presentamos los diferentes resultados de los experimentos de los investigadores, el estudio de Molina et al. (2016) la cantidad mg ingerido por el insecto es muy superior al resto de los investigadores, se optará por trabajar por el estudio más reciente y con resultado mas cercanos a otros investigadores.

**Tabla 2. Comparación de experimentos degradación de PS con tenebrio molitor. Fuente Elaboración propia**

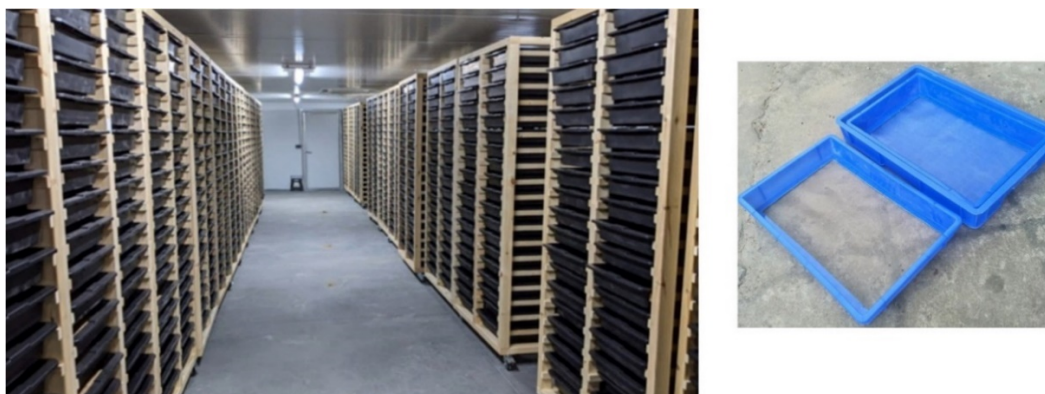
	Chávez et al	Molina et al	Davirán	Wu
mg de PS consumido por gusano/día	0,330	9,275	0,456	0,39
Duración del experimento en días	22	45	8	31
Número de larvas	16	23	40	100

### 3.2. Cría del Tenebrio molitor

La cría de tenebrio molitor, al igual que todos los seres vivos, necesita unas condiciones determinadas para una crianza adecuada. Según la investigación de Flórez y Uribe (2019) las condiciones psicométricas idóneas deben estar en un rango de temperatura entre 25 – 28°C y un porcentaje de humedad entre 40-70%. También indica que hay que separar por estadios la crianza de forma que no se produzca depredación entre larvas en distinta fase de su ciclo de vida. Otro factor a tener en cuenta para un mejor desarrollo es la luminosidad, estos animales prefieren ambientes oscuros.

Actualmente se cría este gusano en granjas industriales (como Galinsect) o domésticas. El sistema de cría es muy similar. Se disponen de un “Conjunto Graja Cría” formado por una estructura vertical (“Estantería Cría”) de varios pisos, donde se colocarán unos recipientes (“Cajas Crías”). En las “Cajas Crías” se ubicarán por separado los escarabajos, los huevos y las larvas (Telemadrid, 2022) (Figura 3). Dependiendo de la etapa de desarrollo de las larvas, se harán diferentes cribados para obtener el guano, las pupas o retirar las larvas no productivas.

**Figura 3. Granja Industrial – Caja para Cría con Criba de tenebrio molitor. Fuente El Progreso (2022) y Alababa, 2022**



Las estanterías donde se colocan las cajas en los sistemas de cría industrial pueden estar fabricadas de madera o de acero (Proteinsecta, 2023). Las “Cajas Crías” están formadas por un armazón y diferentes tipos de criba dependiendo de la fase del insecto. Las cajas pueden

tener formas variadas y medidas (Insectopolis (2022) (Alibaba 2022), pero el material para la fabricación de las cajas debe ser un material duro y denso. Ya que, si son de madera, o de polímeros de baja densidad, o de cartón pueden ser ingeridos o mordidos por los gusanos (Topinsect, 2022). Se recomienda que el material para las “Cajas de Crías” sea de un polietileno de alta densidad (Manomano, 2022) o de polipropileno (Proteinsecta, 2022). El metal no es recomendable puesto que sometido a cierta humedad se puede oxidar. Las cribas comerciales están hechas de una malla metálica (Alibaba 2022) para el guano o de madera por corte laser para las pupas (Insectopolis, 2022). A la hora de diseñar las cribas se deben tener en cuenta varias consideraciones:

- Los huevos tienen un diámetro de aproximadamente 1mm (Proteinsecta, 2022).
- El filtro para el guano debe tener un diámetro de 0,40mm (Insectopolis, 2022).
- El grosor mínimo de las pupas es de 7 mm (Insectopolis, 2022)

#### **4. Rediseño “Conjunto Cría” de Tenebrio Molitor**

Para seguir el criterio de la ley LECA, se van aplicar criterios de ecodiseño para rediseñar el “Conjunto Graja” del tenebrio molitor. En el libro de Usón y Bribián, (2010) se define el Ecodiseño como el conjunto de acciones orientadas a la mejora medioambiental de un producto en la etapa inicial de diseño, mediante la mejora de la función desempeñada, la selección de materiales menos impactantes para su fabricación, la aplicación de procesos de mínimo impacto ambiental, la mejora en el transporte y el uso del producto, y la minimización de los impactos en la disposición final del producto. Para este rediseño usaremos la metodología IHOBE, que consta de siete etapas y da como resultado productos con mejoras en su ecoeficiencia e incorpora los factores motivantes en el diseño (IHOBE, 2000).

##### **4.1. Etapa 1: Preparación del proyecto**

Tras la formación de equipo, se decidió diseñar un rediseñar el “Conjunto Cría” para mejorar su perfil medioambiental. Los factores motivantes que los determinaron:

Los factores motivantes externos seleccionados son:

- Administración: para cumplir UNE EN ISO 14040:2006, UNE-EN ISO 14006: 2020 y ley LECA (Ley 3/2023).
- Mercado: Demanda de productos sostenibles y funcionales

Los factores motivantes internos seleccionados son:

- Aumento de la calidad del producto, para aumentar la vida útil del producto
- Mejora de la imagen del producto para conseguir una ecoetiqueta
- Reducción de costes: reduciendo peso o tipo material o uniones

##### **4.2. Etapa 2: Aspectos Ambientales**

Mediante un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se evaluará el impacto ambiental (IA) en el ciclo de vida (CV) (AENOR b, 2006) del “Conjunto Granja Cría” de la Figura 3. Tras el análisis se identificará oportunidades para la mejora ambiental en cada etapa del CV, se establecerán prioridades del diseño (se ha empleado un método cuantitativo para el estudio). El objetivo del ACV, es un análisis comparativo del IA entre el “Conjunto Cría” de la Figura 3, con el rediseño a realizar. Para ello se plantea un estudio simplificado destinado a obtener información para determinar el comportamiento medioambiental de cada uno de ellos. El ACV simplificado se ha llevado a cabo utilizando el software SimaPro (SimaPro 9.3.0.2 (PRé, 2016)), la metodología la metodología ReCiPe Endpoint 1.06 (Esnouf et al., 2018) (Goedkoop

et al., 2009)) y la base de datos (BBDD) Ecoinvent 3. Las categorías de impacto a que entran en este estudio por su relevancia tras las evaluaciones (caracterización y normalización) son: Calentamiento global, salud humana (CC-HH) y en ecosistemas terrestres (CC-ED); Formación de partículas finas (MP); Toxicidad cancerígena en humanos (CTH) y no cancerígena en humanos (TH); Uso del suelo (LU); Escasez de recursos fósiles (AGP) y Consumo de agua, Salud humana (WH).

**Tabla 3. Inventario “Conjunto Granja Cría” (Elaboración propia basada en Proteinsecta,2022)**

Material	kg	Pieza	Proceso
Madera	4,45	Listones estructura	Madera “Estantería Cría” *
Barniz	0,5		Acrylic varnish, without water
Acero	0,05	Tornillos	Steel, chromium Steel 18/8
Polietileno	1,6	Cajas	Polyethylene, high density, granulate

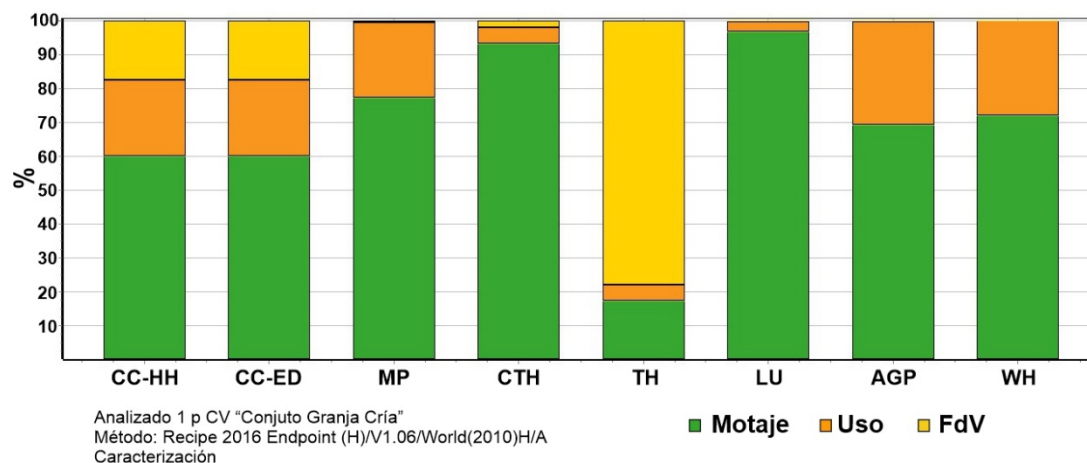
  

Fabricación	Material	Proceso
Corte	Madera	Corte Madera “Estantería Cría” **
Torneado	Acero	Chromium Steel removed by turnig,
Atornillado		Electricity, médium voltaje
Inyección	Polietileno	Injection moulding

\*Basado: Sawwood, beam, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland}

\*\*Basado: (Power Saw Production without catalytic converter)

**Figura 4. Caracterización del CV “Conjunto Cría” (Elaboración propia)**



Como Unidad Funcional (UF) seleccionada es “1 kg de polímero procesado al día con una vida útil de 20 años de la “Estantería Cría” y de 10 años las “Cajas Cría”. Cada conjunto consta de un armazón dividido en dos partes (2 estanterías). En cada estantería hay 18 soportes para colocar las “Cajas de Crías”, cada bloque de 9 cajas conforma un ciclo. En cada ciclo solo hay 7 bandejas con larvas que pueden alimentarse de polímeros. En cada “Conjunto Cría” tenemos 28 cajas en total. En cada “Caja de Cría” entran aproximadamente 300 gusanos, luego cada conjunto es capaz de procesar según la investigación de Wu,2019 100 gr de polímeros al día. Luego necesitamos 10 “Conjuntos Granja Crías” con un cambio de todas las cajas para satisfacer nuestra UF. Para definir el límite del sistema se ha seguido la recomendación de la norma. Se excluirán del estudio todas aquellas entradas al CV que tengan una baja incidencia respecto al porcentaje total de la masa total de producto, también

se excluyen las cribas y las ruedas. Para facilitar el estudio se consideran procesos genéricos (incluye transporte). El flujo de referencia, de las entradas durante su uso consiste en: las cajas se limpian cada 7 semanas con 0,02 l de agua y la estantería cada 15 días con 0,05 l de agua. En cuanto al Fin de Vida (FdV), se considera que va al vertedero. El inventario obtenido se representa en las Tablas 3, los transportes que se han considerado al seleccionar en la BBDD los procesos de mercado.

Tras la evaluación de impacto (Figura 4), el Montaje (extracción y fabricación) del “Conjunto Cría” representa el 63,4% de la carga ambiental y un 15% la sustitución a los 10 años de las “Cajas Crías”. Si lo estudiamos por los elementos que la conforman las “Cajas Crías” formadas por polietileno de alta densidad es el factor que más desfavorable, así como el consumo energético en el moldeo por inyección. En la parte de la estantería, el mayor impacto lo encontramos en el uso de tornillos (28.5%). El FdV destaca en la categoría de toxicidad.

### 4.3. Ideas de mejora para el rediseño del “Conjunto Cría”

Se realizó una tormenta de ideas basándonos en la Rueda Estratégica LIDS (Capuz & Gómez, 2002). A continuación, las ideas se valorizan teniendo en cuenta la viabilidad técnica, económica, medioambiental y los factores motivantes definidos (Ihobe, 2017) y se seleccionaron los siguientes criterios para el nuevo producto (Sillero, M. J. & García, L., 2023) (Tabla 4).

**Tabla 4. Selección de Ideas de Mejora - “Conjunto Cría” (Elaboración propia)**

Caja Cría	Estantería Cría
Material reciclado y reciclable	Material reciclado.
Unificación de materiales	Materiales reciclables.
Maquinaria más eficiente	Unificación de materiales.
Uso de energía renovable	Reducir número de tornillos.
Procesos simples	Tratamiento superficial ecológico
Formas simples	Formas simples.
Diseño con alta vida útil	Diseño con alta vida útil.
Diseño modular	Diseño seguro.
Diseño seguro	

### 4.4. Generación de nuevos conceptos de producto

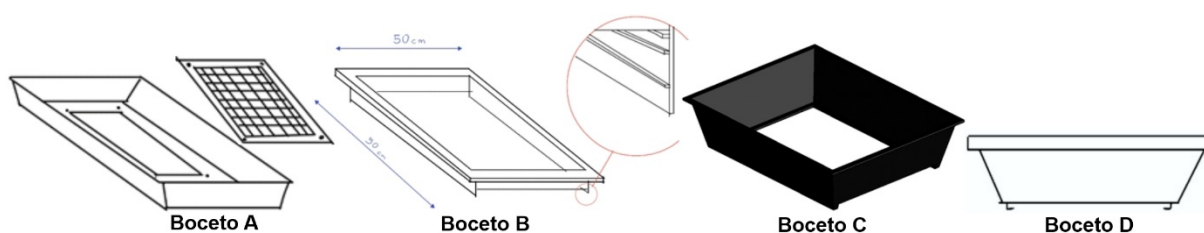
Tras la etapa anterior y teniendo en cuenta los requisitos definidos del nuevo producto, se muestran distintas soluciones conceptuales, de las cuales saldrá el diseño final (Sillero, M. J. & García, L., 2023).

En la Figura 5 nos encontramos cuatro bocetos de los posibles diseños de las Cajas Crías. El Boceto 1, es una caja de forma cónica fabricada en PP por termoformado, corte y perforado. Las cribas son de acero e intercambiables se anexas mediante clic por las cuatro esquinas. El Boceto 2, se trata de una caja recta de PE, fabricada por inyección. Las cribas intercambiables están fabricadas por un marco de polietileno y un filtro de hilos de acero trefilado. Van encajadas en la caja, sobre unos raíles que se encuentran en el interior de la misma. El Boceto 3, Se trata de una caja de forma cónica fabricada de PP por un proceso de termoformado y un posterior corte. Las cribas intercambiables van sujetas sobre la base de la caja y se introducen por una cavidad en la parte delantera. Los filtros están hechos también de PP por fundición. Y el Boceto 4, está fabricado en PP por termoformado, es una caja con

forma cónica y tiene unos raíles exteriores donde se anexionan las cribas intercambiables. Las cribas están fabricadas con un marco de PP y un filtro de fibras de polipropileno.

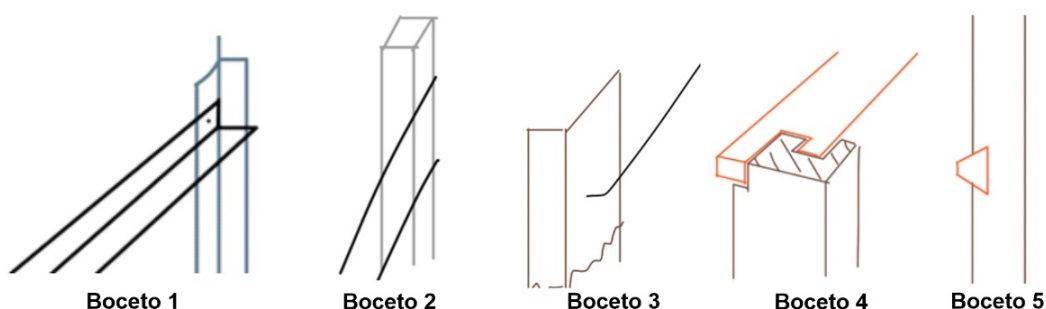
De estas ideas, tras la valoración según los criterios de la Tabla 4, se llegó a la conclusión que la mejor opción es el Boceto D (Sillero, M. J. & García, L., 2023). Ya que la caja tenga una forma cónica facilita el vaciado de guano, la separación de larvas y de las pupas de una caja a otra. Además, la base se encaja como las cajoneras, teniendo un mejor ajuste y menos posibilidad de romperse. Los filtros de las cribas igualmente estarán fabricados con fibras de polipropileno, luego es un producto mono material.

**Figura 5. Generación de ideas - Cajas de Cría (Elaboración propia)**



En la Figura 6, nos encontramos con los bocetos del rediseño de las “Esteras Crías”. El Boceto 1, es una estantería formada por perfiles de acero reciclado, la forma de unión es mediante pestañas recortadas sobre los lados de los perfiles. No tiene tratamiento superficial. El Boceto 2, es de acero con perfiles huecos. Los raíles son barras redondas que se unen mediante una pieza metálica encajada en una ranura. Tampoco lleva tratamiento superficial. El Boceto 3, una estantería de madera, las piezas de madera se unen entre sí por cortes hechos en las mismas sin presencia de tornillos. Los raíles son barras de acero que se introducen en unos agujeros. La madera está tratada con barniz ecológico. El Boceto 4, es íntegramente de madera, las piezas se unen al ser encajadas unas con otras mediante cortes hechos en ellas. Los raíles son tablas rectas. La madera está tratada con aceite de linaza. Y el Boceto 5, también fabricada de madera. Las piezas se unen encajándolas según cortes hechos en las mismas. Los raíles son listones de sección trapecial, que se encajan en las columnas por un fresado hecho con la forma adecuada. Tratadas con aceite de linaza.

**Figura 6. Generación de ideas - Esteras de Cría (Elaboración propia)**



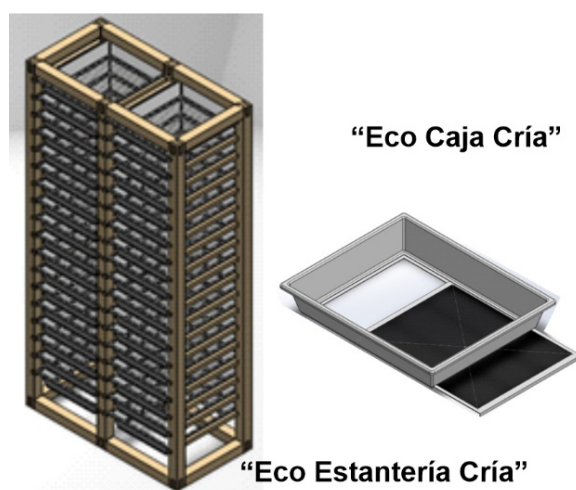
De estas ideas, tras la valoración según los criterios de la Tabla 4, se llegó a la conclusión que la mejor opción es el Boceto 5 (Sillero, M. J. & García, L., 2023), al cumplir mejor con los criterios definidos.

#### **4.5. Diseño en detalle del “Eco Conjunto Cría”**

El “Eco Conjunto Cría” (Figura 7) está conformado por una estructura de madera que hace de estantería y 36 cajas donde se alojarán las larvas en las distintas etapas de su vida. Las cajas a su vez están compuestas por una estructura general (caja sin fondo) y cribas

intercambiables según las necesidades de cría. El intercambio de estas, se hace recorriéndola por unos railes que se sitúan sobre la superficie inferior de la “Eco Caja Cría”. La caja tiene unas medidas de 55x45x9 cm (Sillero, M. J. & García, L., 2023), ajustándonos a los criterios de ergonomía recomendados. Estas dimensiones nos permiten alojar un numero considerado de larvas en su interior y trabajar con esta caja con facilidad. El material de la estructura y de las cribas es polipropileno reciclado (que también es reciclable) y se fabricarán por termoformado. Las cribas para el guano y la de los huevos constarán de un marco y una red de filamentos de PP, unidos tras fabricación por fusión térmica. La “Eco Estantería Cría” estará compuesta por varios listones de madera. Estos listones tienen diferentes calados que le permiten unirse entre sí sin necesidad de tornillería o pegamentos. Sus dimensiones son de 111 x 55 x 220 cm. Separada en dos columnas y en cada una de ellas permite alojar 18 cajas en vertical. La madera se trata con aceite de linaza que permitirá soportar las condiciones para la cría.

**Figura 7. Producto en detalle – Eco Granja Cría (Elaboración propia)**



#### 4.6. Plan de Acción y Evaluación Conjunto “Eco Granja Cría”

En el Plan de Acción se abordarán aquellas medidas que se seleccionaron, pero no se han podido llevar a cabo en el diseño final (Sillero, M. J. & García, L., 2023).

Se realizará un nuevo inventario (Tabla 5), con los datos expuestos en el apartado anterior, posteriormente se hará la Evaluación del Impacto (Figura 8) utilizando los mismos parámetros.

**Tabla 5. Inventario “Eco Conjunto Cría”. (Elaboración propia)**

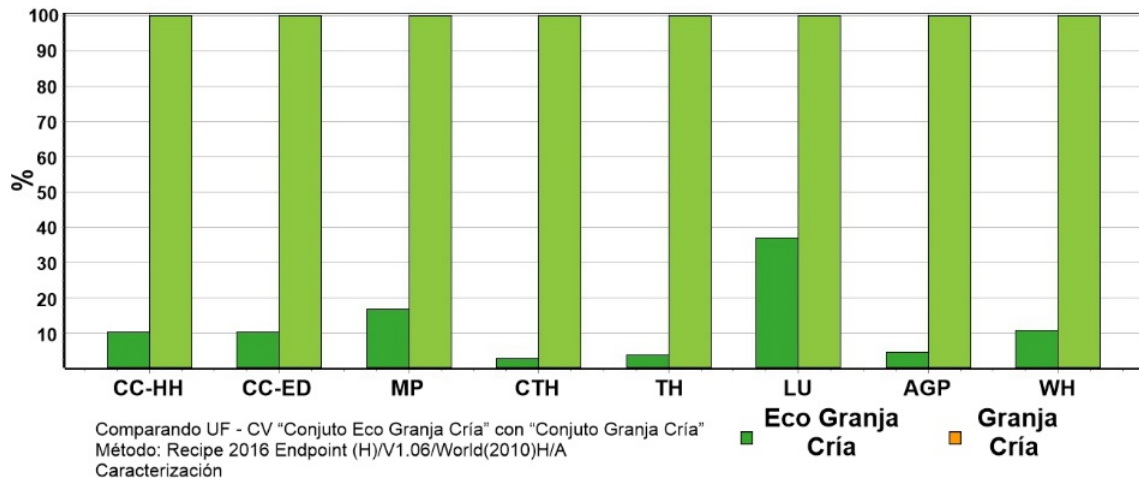
Material	kg	Pieza	Proceso
Madera	4,832	Listones estructura	Madera “ Eco Estantería Cría” *
Linaza	0,5		Aceite Linaza **
PP reciclado	0,51	Cajas	Plastic granulate, unspecified, recycled
Fabricación	Material	Proceso	
Corte	Madera	Corte Madera “Eco Estantería Cría”***	
Inyección	Polipropileno	Thermoforming of plastic sheets	

\*Basado en (Sawwood, beam, hardwood, dried (u=10%), planed {Europe without Switzerland}

\*\* Basada en la Biblioteca de SimaPro Agri-footprint 5 y Liró Ortiz, L., 1959

\*\*\*Basado: (Power Saw Production without catalytic converter)

**Figura 8. ACV Comparativa. Fuente: (Elaboración Propia)**



Como se comprueba de los expuesto en las Figura 4 y 8, el diseño de la “Eco Granja Cría” ha mejorado el perfil ambiental en un promedio del 89%. Principalmente beneficio ha sido por el nuevo diseño de la “Cajas Crías”, tanto por el material como por el aumento de su CV.

### 5. Especificaciones del Sistema de Economía Circular en la una planta de cría de Tenebrio Molitor en el Polígono Manzanil II de Loja

Tal como se ha comentado, el plástico producido mensualmente en el polígono es de 7256 kg, y los gusanos consumen 0,39 mg de plástico al día, luego para eliminar todo el plástico que el polígono genera se debería procesar 241,87 kg/día. Este dato, obliga a una granja de 620 millones de larvas, que es un proyecto demasiado ambicioso, ya que se necesitaría un total de 74000 conjuntos que ocuparía una superficie de unos 45.880 m<sup>2</sup>. Las parcelas de mayor tamaño disponibles en este polígono tienen una superficie de 4.000 m<sup>2</sup> aproximadamente, con una disposición de dos plantas. En cada planta, se instala una estructura independiente para doblar la superficie útil, consiguiendo así alojar 22.200 conjuntos y por tanto degradar un 30% del plástico generado.

Como el 8% de la masa de plástico ingerido, como demuestra el estudio de Wu, 2019, se convierte en guano (estiércol), se produciría por conjunto de “Eco Granja Cría” 0,26 gr al día de guano, luego la planta producirá 6 kg de estiércol/día y al mes unos 180 kg. Normalmente un saco de 50 l, es el habitual que usan como envase (de usar y tirar) en las empresas del polígono, en ellos se admite un peso de unos 19,5 kg (BigMat, s.f), luego podemos reusar unos 10 sacos para almacenar y comercializar el guano obtenido. El precio del guano de tenebrio molitor puede ascender hasta los 25€ el kg.

La vida útil de las larvas es de 6 a 7 semanas antes de convertirse en pupa, las larvas que tras ese tiempo no se han transformado se retiran y tienen dos posibles salidas. Cuando en Europa se aprueben que las lavar alimentadas con polímeros pueden alimentar a otros animales, se pueden utilizar como comida para los esturiones y truchas de la piscifactoría de Riofrío. La opción actual será analizarlas en el laboratorio que se instalará en la nave industrial y que actuará como incubadora para desarrollar este campo de investigación.

Los escarabajos a los 6 semana pierden su capacidad reproductora y se tendrán que retirar de la cadena productiva. Al igual que las larvas, su salida dependerá de la legislación.

Una vez que la legislación lo permita y tanto escarabajos como larvas puedan surtir a las piscifactorías, estas a su vez podrán vender su producto a la empresa de congelados existente en el polígono industrial.

Tras indicar las necesidades de la Granja Cría de tenebrio molitor y los subproductos, los compartimentos de la nave industrial para poder desarrollarla aparte de las oficinas y aseos para los trabajadores serán:

- Zona de carga y descarga de los camiones con los polímeros y sustancias orgánicas
- Zona almacenamiento de sustancia orgánica y pre preparado del alimento
- Zona de almacenamiento del polímero y preparado del alimento de los gusanos
- Zona de cría del gusano (instalación de los conjuntos “Eco Granja Cría”)
- Zona de envasado del guano
- Laboratorios

Luego el Sistema de Economía Circular propuesto para el Polígono Industrial (Figura 9) una vez que la instalación de la granja esté en funcionamiento (se necesitarían 2 meses previos) sería:

- Selección y formación de los operarios para la correcta cría de los gusanos
- Recogida de parte de los residuos a las distintas empresas del polígono.
- Clasificación de los residuos
- Preparación del alimento. Los polímeros pasan por una trituradora y los orgánicos se trocean. A continuación, se mezclan y se alimentan a los gusanos.
- Clasificación adecuada de escarabajos, huevos, larvas, pupa y guano
- Distribución de las salidas de nuestros subproductos.

**Figura 9. Esquema de la propuesta de Economía Circular. (Elaboración propia)**



Para un perfecto funcionamiento de la instalación se estima un número de 60 trabajadores para la recogida de residuos, limpieza y alimentación de las larvas, investigación, gestión y ventas. La viabilidad de este sistema dependería de los siguientes ingresos:

- Por recogida de residuos
- Por venta de guano
- Cuando esté permitido, por venta de larvas para alimentar a otros animales (sería el mayor ingreso 10€/kg)
- Subvenciones para mejorar la gestión de residuos tanto de gobierno central o autonómico (Junta de Andalucía, 2023)

## 6. Conclusiones

Para un desarrollo sostenible y cumplir con los ODS que marca las Naciones Unidas para conseguir los acuerdos de la Agenda 2030, la Economía Circular (EC) es una herramienta crucial para optimizar los recursos naturales finitos, disminuir los residuos de los distintos sectores industriales y minimizar los Impactos Ambientales. La Ley Andaluza de Economía Circular (LECA), el ecodiseño es imprescindible para lograr productos ecoeficientes a lo largo de todo su ciclo de vida y aumentar el desempeño ambiental.

Tras estudiar el desarrollo industrial de nuestro país a través de los polígonos industriales y situarnos en una ciudad con una fuerte actividad industrial, se ha propuesto un Sistema de economía circular que ha conseguido:

- Valorizar el residuo de plásticos
- Realizar logísticas más eficientes
- Disminuir en un 30% los residuos plásticos tras la salida de las empresas
- Disminuir residuos orgánicos
- Re uso de envases
- Obtener subproductos para empresas cercanas: abono y alimento cuando lo apruebe la legislación
- Incubadora en la investigación de tenebrio molitor
- Se ha diseñado un conjunto “Eco Granja Cría” sostenible basándonos en la UNE EN ISO 14040:2006 y la UNE-EN ISO 14006:2020

## Bibliografía

AENOR, (2006 a). UNE-EN ISO 14040: 2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida Principios y marco de referencia. Madrid, España.

AENOR, (2006 b). UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices. Madrid, España.

Alibaba (s.f.), 2022. *Papelera De Gusanos Personalizada Para Plantas De Jardín*. [Consultado el 19 de diciembre de 2022] Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Customize-Worms-Bin-and-Worm-Composting-1600346104667.html>

Álvarez, D. & Botache, L. ,2020. *Biodegradación de plástico con larvas del coleóptero tenebrio molitor como un aporte interdisciplinar a la biotecnología ambiental*. [TFG]. Universidad

- Pedagógica Nacional Facultad de Ciencia y Tecnología. Departamento de Biología. Bogotá D.C. Disponible en : [http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12205/Biodegradacion\\_de\\_Plastico\\_con\\_Larvas\\_Tm%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12205/Biodegradacion_de_Plastico_con_Larvas_Tm%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Andrés López, G. (2020). *Las ciudades medias industriales en España: caracterización geográfica, clasificación y tipologías*. Cuadernos Geográficos, 59(1), 99-125. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i1.8225>
- BigMat, s.f. Sustrato universal bigmat 50litros [Consultado el 23 de febrero 2023] Disponible en: <https://www.bigmat.es/es/b2c/p/tienda-de-la-construccion/sustrato-universal-bigmat-50litros-67482#:~:text=Peso%3A%2019%2C5%20Kg>.
- Cámara de Comercio de España (2018). Mapa del sector Industrial – Claves y Retos. septiembre 2018. [Consultado en 12 de febrero 2023] Disponible en: [https://www.camara.es/sites/default/files/detalle/mapa\\_del\\_sector\\_industrial\\_espanol\\_claves\\_y\\_retos\\_septiembre\\_2018.pdf](https://www.camara.es/sites/default/files/detalle/mapa_del_sector_industrial_espanol_claves_y_retos_septiembre_2018.pdf)
- Capuz, S. & Gómez, T. (2002) Ecodiseño. Ingeniería del Ciclo de Vida para el desarrollo de productos sostenibles. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia
- Chávez Muñoz, J. C., Fernández Terán, R. A., Bravo Moreira, C. D., Intriago Miranda, N. M., Bello Moreira, I. P., Mendoza Cedeño, E. J., López Zambrano, C. F., & López Zambrano, P. I., 2022. *Evaluación de poliestireno expandido (EPS) y polietileno de baja densidad (PEBD) como alimento para larvas de gorgojo negro (tenebrio molitor)*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(4) 2369-2384. DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i4.2762](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2762)
- Catastro, 2022, *Guía de Servicios del Ayuntamiento de Loja*. [Consultado 22 de octubre 2022], disponible en: <http://www.aytoloja.org/cartadeservicios/catastro.htm>
- Corona, M. A., 2021. Definición y planteamiento de un sistema de crianza y alimentación selectiva de Tenebrio Molitor para su futuro procesamiento como producto alimenticio no convencional [TFG]. Mondragón de México. Disponible en: [https://repo.mondragonmexico.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/182/PFG%20\\_%20LIDI%20\\_%20Definici%3%b3n%20y%20planteamiento%20de%20un%20sistema%20de%20crianza%20y%20...%20producto%20alimenticio%20no%20convencional%20\\_%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repo.mondragonmexico.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/182/PFG%20_%20LIDI%20_%20Definici%3%b3n%20y%20planteamiento%20de%20un%20sistema%20de%20crianza%20y%20...%20producto%20alimenticio%20no%20convencional%20_%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Daviran, P. A. ,2017. *Biodegradación de la Espuma de Poliestireno por la larva del tenebrio molitor para la producción de Abono* [TFG]. Universidad César Vallejo. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22578/Daviran\\_YP.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22578/Daviran_YP.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- El DIA, 2021 (24 de febrero). La industria del plástico genera del 30 al 40% de las emisiones. [Consultado 03 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.eldia.es/sociedad/2021/02/24/industria-plastico-genera-30-40-35396218.html>
- Esnouf, A., Latrille, E., Steyer, J.P. & Helias, A. (2018). Representativeness of environmental impact assessment methods regarding Life Cycle Inventories. Science of the Total Environment 621 (2018) 1264–1271.
- España. Ley 3/2023, de 30 de marzo, de Economía Circular de Andalucía. BOJA nº 67 de 11/04/2023; página 6439/1. [Consultado 12 de abril de 2023]. Disponible en:

[https://www.juntadeandalucia.es/boja/2023/67/BOJA23-067-00055-6439-01\\_00281478.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/boja/2023/67/BOJA23-067-00055-6439-01_00281478.pdf)

Europa Press, (2020, mayo 26). *Carrefour comercializa más de 307.000 kilos de espárrago verde, un 39% más que el año pasado*. europapress.es. [Consultado 22 de noviembre de 2022]. Disponible en <https://www.europapress.es/economia/noticia-carrefour-comercializa-mas-307000-kilos-esparrago-verde-39-mas-ano-pasado-20200526153557.html>

European Network of the Heads of Environment Protection Agencies (EPA Network), (2017). *Input to the European Commission from European EPAs about monitoring progress of the transition towards a circular economy in the European Union*. Consultado en: [https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/PBL-2017-EPA-network-discussion-paper-monitoring-progress-of-the-circular-economy-in-the-EU\\_2772\\_0.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/PBL-2017-EPA-network-discussion-paper-monitoring-progress-of-the-circular-economy-in-the-EU_2772_0.pdf)

Galinsect, s.f., (2022, septiembre 25) *Granja de insectos | Cría y venta de tenebrio molitor*. [Consultado en 05 de octubre 2022]. Disponible en: <https://galinsect.es/>

Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A. De, Struijs, J.& Van Zelm, R., 2009. ReCiPe 2008: a Life Cycle Impact Assessment Method Which Comprises Harmonised Category Indicators at the Midpoint and the Endpoint Level

Ihobe, 2017. *Oportunidades de negocio que ofrece el ecodiseño a las empresas del País Vasco*. Obtenido de: <http://www.ihobe.eus/publicaciones/oportunidades-negocio-que-ofrece-ecodiseno-a-empresas-pais-vasco>

Ihobe, 2000. *Manual práctico de ecodiseño. Operativa de implantación en 7 pasos*. [Consultado 30 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.ihobe.eus/publicaciones/manual-practico-ecodiseno-operativa-implantacion-en-7-pasos>

INE, (2022). *Estadística Estructural de Empresas: Sector Industrial Año 2020*. Resultados definitivos. [Consultado en 15 de febrero 2023] Disponible en: [https://www.ine.es/prensa/eesi\\_2020\\_d.pdf](https://www.ine.es/prensa/eesi_2020_d.pdf)

IPCC, 2013. *Cambio climático 2013: La base de la ciencia física*. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [Stocker, TF, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, SK Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y PM Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU., 1535 págs.

Insectopolis, s.f (2022) *Tienda - Insectopolis*. Consultado 30 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.insectopolis.es/tienda/>

Junta de Andalucía (2023, enero 10), *La Junta concede 94 subvenciones por valor de 57,3 millones para mejorar la gestión de residuos*. Consultado 01 de mayo de 2023]. Disponible <https://www.juntadeandalucia.es/presidencia/portavoz/tierraymar/178483/JuntadeAndalucia/ConsejodeGobierno>

La Plaza Digital (2022, octubre 28). *Loja ha perdido, en nueve años, 104 empresas dedicadas a la industria, la construcción, el comercio, la hostelería y el transporte*. [Consultado 28 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://laplazadigital.es/loja-ha-perdido-en-nueve-anos-22-empresas-dedicadas-a-la->

industria/?fbclid=IwAR2Pbrev\_9g2jCW6nnhO1C3rmWvwYKa6ihzZqwnrzHyFVY0rfxYXeNfjnWE

- Liró Ortiz, L., 1959. *La linaza cultivo del lino para grano*. Ministerio de Agricultura. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1959\\_03.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1959_03.pdf)
- ManoMano, s.f (2022) Granja de gusanos 4 bandejas 42x42x60 cm. [Consultado 10 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.manomano.es/catalogue/p/granja-de-gusanos-4-bandejas-42x42x60-cm-29275790>
- Molina, F., Hermosillo, M., & Flores, K. P. (2016). *Degradación de Polímeros con tenebrio molitor Segunda Fase de Investigación*. [Tesis]. Instituto Mexicano Madero.
- Naciones Unidas (ONU), 2022. El uso masivo de plástico en la agricultura afecta nuestra salud, la del suelo y la producción de alimentos. 17 de octubre 2022. [Consultado 03 de abril de 2023]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2022/10/1516177>
- Norte, E. (2022, julio 13). *Estos son los insectos autorizados para consumo humano en la UE*. El Norte de Castilla. [Consultado 22 de noviembre de 2022]. Disponible en <https://www.elnortedecastilla.es/sociedad/insectos-autorizados-consumo-20220713195703-nt.html>
- Oláh, J.; Aburumman, N.; Pop, J.; Kan, MA; Haddad, H.; Kitukutha, N., 2020 Impact of Industry 4.0 on Environmental Sustainability. Sustainability (MDPI) 2020, 12, (11):4674. <https://doi.org/10.3390/su12114674>.
- Poveda, J., 2018. *Nuevos abonos a partir de excrementos de insecto: el caso del gusano de la harina (tenebrio molitor)*. Ingeniería y Región, 19(1657-6985). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6973427>
- PRé (2016) SimaPro. Introduction to LCA with SimaPro. Holanda. PRé
- Proteinsecta, s.f., (2022, 27 junio). *Consultoría para la Creación de Granjas de Insectos*. [Consultado el 5 de octubre de 2022] Disponible en: <https://proteinsecta.es/>
- Sillero, M. J. & García, L. (2023). *Sistema de Economía Circular por medio de una Granja de tenebrio molitor* en Polígono Manzaniil II. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Málaga.
- Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA), 2023. Andalucía Pueblo a Pueblo- Fichas municipales. [Consultado 28 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/ficha.htm?mun=18122>
- Telemadrid, (2022, 7 marzo). *Así es por dentro una granja que cría insectos para consumo animal y, en el futuro, humano*. <https://www.telemadrid.es/programas/buenos-dias-madrid/dentro-granja-insectos-consumo-animal-2-2430076983--20220307114246.html>
- Topinsect, 2022. Gusanos de la harina. (s.f.). [Consultado 22 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.topinsect.net/m/Gusanosdelaharina-5p23.php>
- Visco, A.; Scolaro, C.; Facchin, M.; Brahim, S.; Belhamdi, H.; Gatto, V.; Beghetto, V. *Agri-Food Wastes for Bioplastics: European Prospective on Possible Applications in Their Second Life for a Circular Economy*. Polymers 2022, 14, 2752. <https://doi.org/10.3390/polym14132752>

Wikiwand s.f, *tenebrio molitor*. Recuperado 19 de octubre de 2022, de [https://www.wikiwand.com/es/Tenebrio\\_molitor](https://www.wikiwand.com/es/Tenebrio_molitor)

Wu, W. (2019). *Fate of Hexabromocyclododecane (HBCD), A Common Flame Retardant, In Polystyrene-Degrading Mealworms: Elevated HBCD Levels in Egested Polymer but No Bioaccumulation*. *Environmental Science & Technology*, 54(1), 364-371. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b06501>

### Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

