



## Trabajo Fin de Grado

Sistema de procesado de residuos  
orgánicos

### Memoria

Autor  
Macarena Pinilla Ponce

Director  
Ignacio López Forniés

Ingeniería de diseño industrial y  
desarrollo del producto  
Curso 2014-2015

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./Dª. Macarena Pinilla Ponce

con nº de DNI 73004176Z en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster) Sistema de procesado de residuos orgánicos, (Título del Trabajo)

---

---

---

---

---

---

---

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 20/11/2015

Fdo: Macarena Pinilla Ponce

# 0 · PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO



El documento recoge el trabajo realizado durante nueve meses en relación al impacto medioambiental que supone el desbordamiento de los vertederos de residuos.

La metodología utilizada, las fases del trabajo y los resultados obtenidos han sido presentadas en este documento.

El producto final trata de una compactadora de residuos orgánicos diseñada a partir de la metodología bioinspirada y la aplicación de una nueva tecnología. El proyecto desarrolla el diseño a nivel tecnológico, considerando los materiales requeridos, el mecanismo, la forma idónea para el funcionamiento de cada pieza y el coste aproximado del producto.

La visualización del mismo se basa en modelado 3D y bocetos explicativos.

La compactadora trata de solucionar el problema del volumen de residuos generados por la población y sus consecuencias medioambientales, mediante su reducción de tamaño, empaquetado de seguridad y sistema de recogida de menor frecuencia.

# 1 · RESUMEN



El trabajo de fin de grado consiste en el diseño de un **sistema de procesado de residuos orgánicos** destinado a un entorno industrial o doméstico.

El trabajo ha sido planteado por el director del mismo, Ignacio López Forniés, que ha aportado información, conocimientos y los medios necesarios para su desarrollo.

El objetivo es la **reducción de volumen de residuos orgánicos**, **eliminación de malos olores** y aumento en la comodidad del usuario a la hora del procesado entre otros. Este tipo de necesidad fue detectada debido al impacto medioambiental creado por el desbordamiento de los vertederos y el uso de sistemas de transporte para el traslado de los residuos. Además se ha aplicado una **nueva tecnología** que ayudaría a eliminar el problema, mejorando los dispositivos utilizados actualmente.

Los puntos que se han desarrollado en el proyecto son los siguientes:

- Estudio del impacto medioambiental de los residuos y su gestión.
- Estudio de la tecnología de músculos artificiales.
- Diseño de un producto que procese restos orgánicos, reduciendo el impacto medioambiental.
- Planteamiento de un segundo uso de los restos orgánicos procesados.

El proyecto queda dividido en cinco fases:

**Fase 0:** Razón de diseño y planificación.

**Fase 1:** Estudio de mercado de productos actuales para procesar restos orgánicos, análisis e investigación de la tecnología de los músculos artificiales.

**Fase 2:** Proceso creativo (generación de ideas, especificaciones de diseño, metodología biónica y realización de tres conceptos).

**Fase 3:** Desarrollo del concepto elegido, rediseño, tecnología y diseño final.

**Fase 4:** modelado 3D, síntesis y consideraciones finales.

## 2 · AGRADECIMIENTOS

---

A mi familia y amigos por el apoyo obtenido en estos meses de altibajos, por entenderlos bien y por ser las personas con las que puedo contar.

A mis amigas de clase, con las que da gusto trabajar y se aprende, por las anécdotas que hemos pasado y por las que quedan.

Por último al director del proyecto, Ignacio López Forniés por los conocimientos que me ha aportado durante la carrera, por la dedicación durante todo el trabajo y por la capacidad de crear motivación a sus alumnos.

# 3 · ÍNDICE

---

**Capítulo 0 | Planteamiento del proyecto.** (2)

**Capítulo 1 | Resumen.** (3)

**Capítulo 2 | Agradecimientos.** (4)

**Capítulo 3 | Índice.** (5)

**Capítulo 4 | Introducción.**

- 4.1. Antecedentes (6)
- 4.2. Objetivos
- 4.3. Limitaciones

**Capítulo 5 | Planificación. Metodología.**

- 5.1. Planificación (7)
- 5.2. Metodología (8)
  - 5.2.1. Identificación del problema
  - 5.2.2. Proceso de diseño
  - 5.2.3. Desarrollo de producto

**Capítulo 6 | Resultados.**

- 6.1. Razón de diseño (11)
- 6.2. Investigación (12)
  - 6.2.1. Análisis
  - 6.2.2. Investigación PEA's
- 6.3. Proceso creativo (Metodología biónica) (13)
  - 6.3.1. EDP's. Elección de un PEA
  - 6.3.2. Metodología biónica
  - 6.3.3. Generación de conceptos
- 6.4. Desarrollo de producto (21)
  - 6.4.1. Rediseño
  - 6.4.2. Tecnología y experimentación
  - 6.4.3. Diseño de piezas
- 6.5. Selección de materiales (28)
- 6.6. Aplicación en su entorno de trabajo (30)
- 6.7. Aplicación forma/ función (32)
- 6.8. Coste (35)

**Capítulo 7 | Visualización..** (36)

**Capítulo 8 | Conclusiones.** (40)

- 9.1. Generales
- 9.2. Personales

**Capítulo 9 | Bibliografía.** (41)

# 4 · INTRODUCCIÓN



El proyecto consiste en el diseño de una compactadora de residuos orgánicos que pueda ser utilizada tanto en un entorno industrial como doméstico.

## 4.1. Antecedentes:

El estudio del proyecto parte de la detección de un problema relacionado con el control de los residuos.

Se contemplan las formas de eliminación de residuos en diferentes poblaciones y las desventajas que presentan.

Aunque el reciclaje ha permitido un gran avance en el sentido de minimizar el impacto medioambiental, se han detectado muchos fallos en el procesado de un determinado tipo de residuos: los orgánicos.

Existen soluciones viables para dar una segunda vida a plásticos, envases, papel o cartón, etc. Pero ¿qué se hace con las toneladas de residuos orgánicos?, y lo que aún es menos controlable, ¿qué pasa con el volumen de basura no reciclada?

Por ello el propósito del trabajo es de aportar una solución viable al volumen de basura que se acumula en vertederos dando lugar a proliferación de bacterias, aguas residuales, y sustancias que se filtran contaminando el entorno.

## 4.2. Objetivos:

El objetivo del proyecto es diseñar una compactadora que reduzca el volumen de residuos orgánicos mediante la tecnología de músculos artificiales.

También se persigue la mejora de las compactadoras presentes en el mercado, atendiendo a su forma, materiales, mecanismos, proceso de fabricación, coste y modo de uso.

## 4.3. Limitaciones:

Las limitaciones surgidas durante el desarrollo del proyecto han sido resueltas por medio de análisis de los mismos, estudio de soluciones ya fuesen formales, funcionales o tecnológicas y con la ayuda del director de proyecto.

La información aportada y la visualización de videos sobre la tecnología de músculos artificiales ha sido imprescindible para la determinación del alcance del nuevo diseño.

Otro tipo de limitaciones estaban definidas por el espacio que ocuparía en el entorno el producto final, las características mecánicas de la nueva tecnología y la capacidad para contener residuos.

# 5 · PLANIFICACIÓN. METODOLOGÍA



En este apartado se explica la organización del trabajo a lo largo del tiempo y la estructura del mismo.

De esta manera se puede entender mejor cada parte y su aportación para conseguir los resultados finales.

## 5.1. Planificación:

Para aprovechar el tiempo y dividir las tareas de manera que aporten soluciones de forma progresiva, se estableció una planificación dividida en fases.

En la fase inicial da comienzo en marzo con una duración de un par de semanas, en la cual se redacta la motivación por la que se ha elegido realizar el proyecto y el planteamiento del mismo.

Se realiza una primera estructura de trabajo que determina el tiempo invertido en cada fase.

La fase 1 de estudio de mercado y vigilancia tecnológica conlleva tres meses de dedicación al ser un campo muy amplio, en el cual hay que conocer los productos existentes y las ventajas que aportan los diferentes músculos artificiales según su aplicación.

La segunda fase de proceso creativo en la cual se aplica la metodología bioinspirada, abarca dos meses de trabajo. En ella se discuten ideas con el director del proyecto y se elige uno de los tres conceptos desarrollados.

En una tercera fase se desarrolla el concepto elegido durante el mes de agosto, y finaliza con el rediseño del producto creando la compactadora definitiva.

En septiembre se crean los modelados, planos y se comienza a sintetizar el diseño final explicando cada pieza que lo compone.

La síntesis de los materiales, forma-función, proceso de fabricación, coste y secuencia de uso se realizan en octubre.

# 5 · PLANIFICACIÓN. METODOLOGÍA

Por último las dos primeras semanas de noviembre se enumeran las referencias y se realiza la memoria del proyecto.

## 5.2· Metodología:

El desarrollo del proyecto se ha basado un tipo de metodología aprendido durante el grado. Consiste en una primera identificación de un problema para seguidamente trabajar sobre él. Este tipo de metodología es la creada por Bruno Munari en 1979(1).

### 5.2.1· Identificación del problema:

Esta pauta de trabajo permite definir los elementos del problema para luego hacer un estudio de los mismos.

Esta primera fase se apoya en un estudio del mercado actual y en la vigilancia tecnológica.

A raíz de saber a que nos enfrentamos, se busca información y se recopilan datos que posteriormente se analizan para sacar una serie de conclusiones.

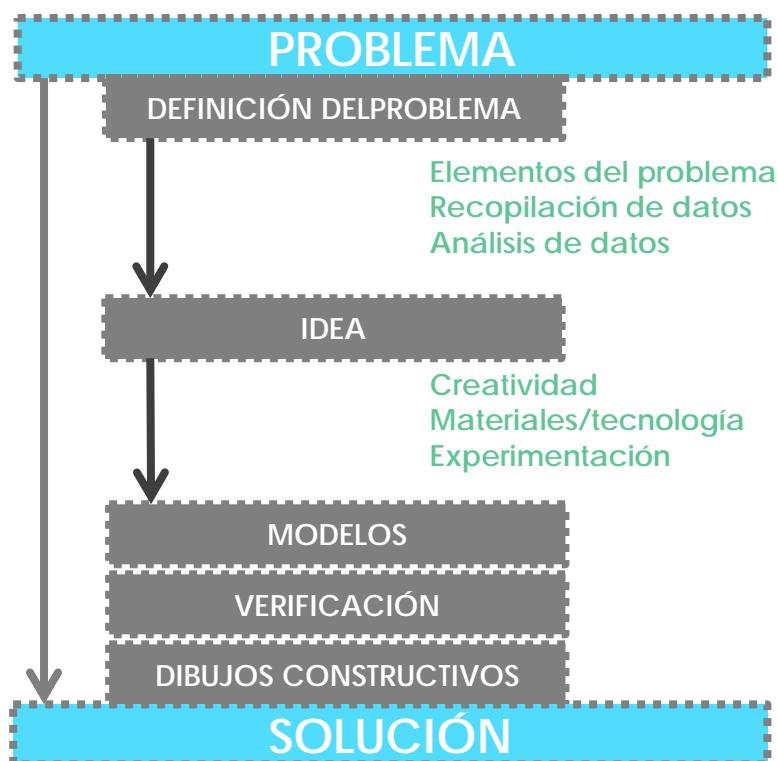


Figura1: Metodología de diseño. Asignatura Taller de diseño 2. UNIZAR

# 5 · PLANIFICACIÓN. METODOLOGÍA

## 5.2.2. Proceso de diseño:

Es entonces cuando surgen las primeras ideas que dan solución a los problemas.

Para organizar, mejorar y completar las ideas se aplican métodos creativos (en este caso se ha aplicado la metodología bioinspirada de la asignatura de Biónica)(2).

La metodología bioinspirada consiste en detectar el problema técnico y apoyarse en una investigación en la naturaleza para encontrar soluciones. Estas soluciones son definidas gracias a la transformación de principios biológicos en ingenieriles.

Así se ayuda a la creación de diferentes conceptos(3). En este proyecto se realizaron tres que posteriormente fueron sometidos a una técnica de elección. Se valoran sus características y se decide continuar trabajando sobre uno de ellos.

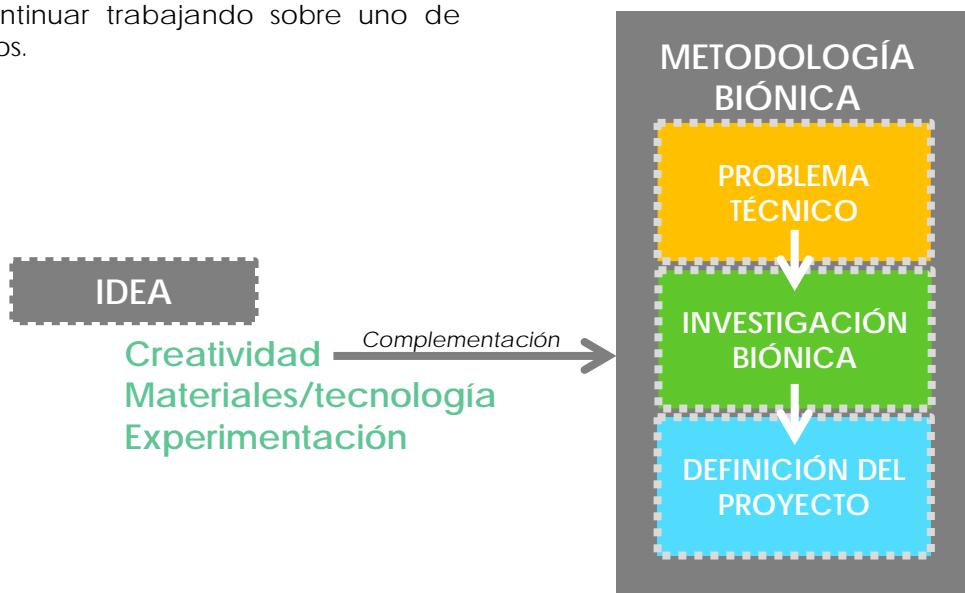


Figura2: Metodología de diseño de  
Taller de diseño 2 y Metodología  
biónica 2 de Biónica UNIZAR

# 5 · PLANIFICACIÓN. METODOLOGÍA

## 5.2.3. Desarrollo de producto: (3)

Una vez elegido el concepto, se realizan una serie de rediseños para dar distintas soluciones a la idea inicial. Así se van mejorando características que harán del diseño final la mejor versión del concepto elegido.

Se definen los materiales, el proceso de fabricación, la tecnología y sus mecanismos, el funcionamiento y la secuencia de uso entre otros.

Se dimensionan las piezas y finalmente se realizan modelos en 3D para la visualización del diseño final.

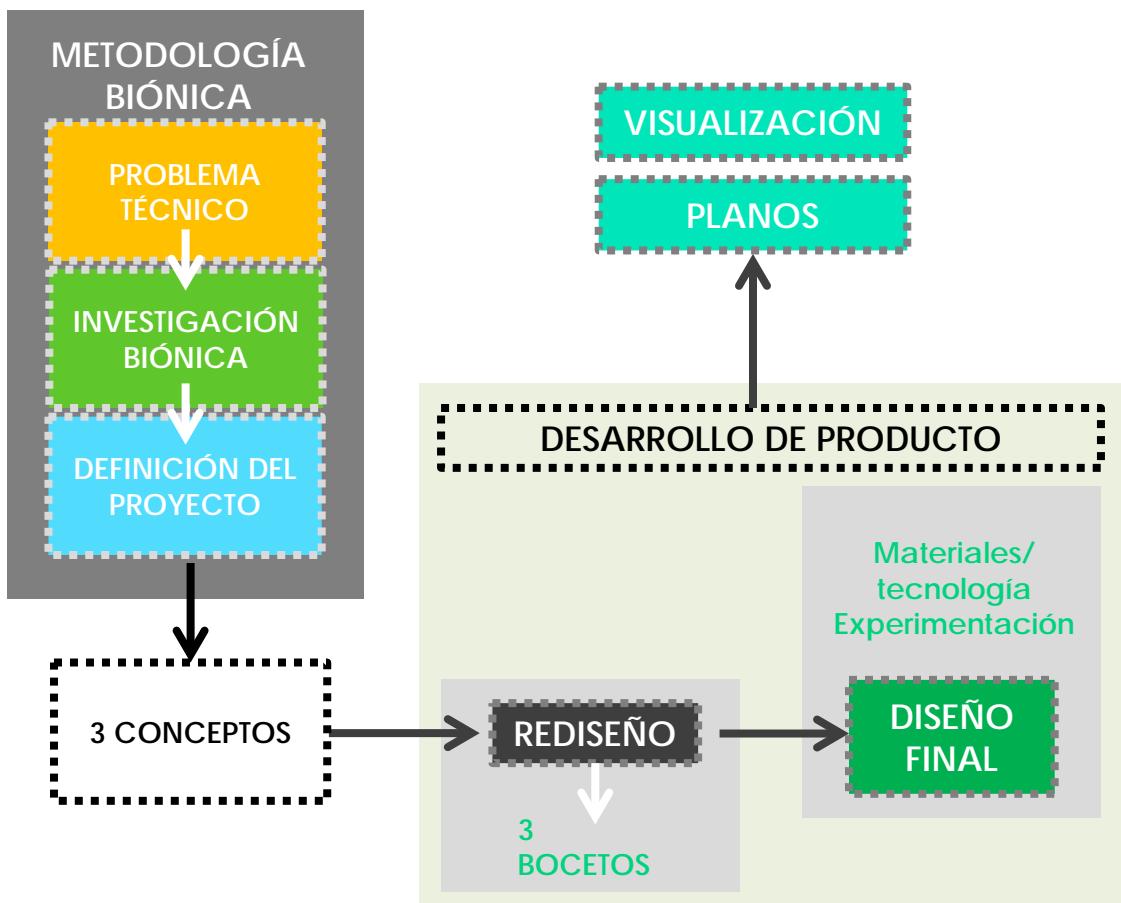


Figura3: Representación gráfica de la Metodología de diseño de Taller de diseño 2 , Metodología biónica 2 de Biónica y desarrollo de producto. UNIZAR

# 6 · RESULTADOS .....

## 6.1 · RAZÓN DE DISEÑO

**6.1 · Razón de diseño:** la motivación por la cual se ha llevado a cabo la realización del nuevo producto reside en la necesidad de reducir las grandes cantidades de residuos orgánicos que están causando el desbordamiento de los vertederos. En la actualidad nos encontramos con numerosos problemas a la hora de procesar los residuos creados en un ámbito urbano. Algunos de ellos son:

**Crecimiento de la población:** implica un aumento del volumen de desecho que además se concentra en áreas urbanas debido al mayor número de personas que vive en las ciudades. (4)

**Producción de desperdicios:** las tasas de generación de residuos se encuentra en continuo aumento, lo que provoca problemas en las plantas de gestión y procesado al no dar abasto.

En México o Santiago de Chile este incremento ronda del 2 al 3% anual. (4)

**Sitios para evacuar:** los lugares urbanos donde depositar los desperdicios están muy limitados y debido a los dos primeros problemas planteados, son cada vez más escasos. Los **rellenos sanitarios** son emplazamientos en los cuales se entierran los residuos y posteriormente se tapan. Cuando se produce su descomposición liberan gases y sustancias tóxicas perjudiciales para los seres vivos o bacterias que eliminan el oxígeno del agua. (4)(5)

**Residuos orgánicos:** el problema que nos encontramos a la hora de eliminar este tipo de desechos, es la proliferación de bacterias que aparece si el residuo está en presencia de agua. (6)

Este tipo de desechos se encuentra en forma de **aguas residuales**(7), que agota el oxígeno del medio impidiendo el desarrollo de seres vivos. El agua debe ser tratada y desinfectada en varias fases, lo que implica un alto coste económico y ambiental.

Otra forma de eliminación materia orgánica es la **incineración**(8), que posee una serie de ventajas como la valorización de cenizas, reducción de la materia en peso y volumen (hasta un 95%) y la disminución del número de vertederos. Los inconvenientes de este sistema de eliminación son los altos costes de explotación, el sistema de tratamiento de gases usados es complejo y costoso, el tiempo de preparación del proyecto largo y además el impacto medioambiental es altamente nocivo.

Se ha estudiado este **volumen** de restos orgánicos y ha resultado ser de una media de **600kg** por persona al año (estudio de 2012) en la Unión Europea(9). El problema no se trata tan sólo del volumen, si no de la filtración de químicos en el entorno que contaminan el agua y de la expulsión de gases a la hora de la incineración.

Por ello se decidió abordar el tema y plantear soluciones.

(9) European Environment Agency <http://www.eea.europa.eu/soer-2015/countries-comparison/waste>

# 6 · RESULTADOS

## 6.1 · RAZÓN DE DISEÑO – 6.2· INVESTIGACIÓN

Es evidente que la raíz del problema se encuentra en los hábitos del ser humano en el momento de lidiar con sus propios desperdicios.

Por ello, cuanto menor cantidad de basura se produzca, menor será el problema de gestionarla. Esta idea se llama **"basura cero"** que ya ha sido aplicada en ciudades como Canberra o San Francisco. En San Francisco se consiguió reducir en un 50% sus residuos a lo largo de 10 años desde su aplicación en 1995. (10)

Esta propuesta trata de **disminuir la producción de basura, reutilizar y reciclar** el resto de materiales que la componen.(10)

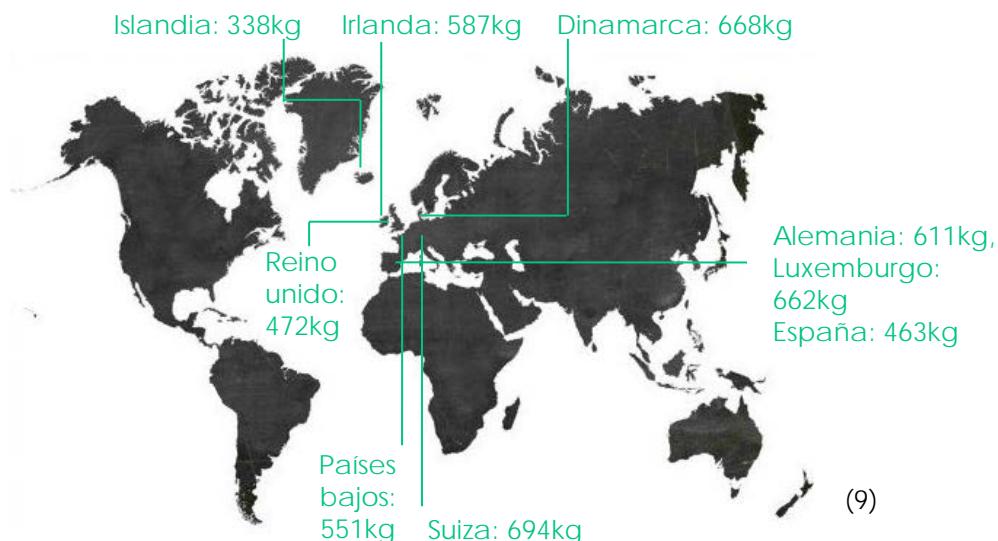
Al ser difícil hacer cambiar de hábitos a la sociedad, se pueden diseñar productos que ayuden a la población a adquirir la idea de reutilizar. Por ejemplo, es común la reutilización de residuos para hacer compost(11) que se necesita como fertilizante, por lo que sería interesante desarrollar un producto que ayudase a la creación de compost de forma más automatizada.

**6.2 · Investigación:** para poder mejorar los productos actualmente utilizados para procesar restos orgánicos, deben ser antes estudiados y analizados.

Se recopiló información útil acerca de trituradoras, compactadoras y otros relacionados. Se obtuvo:

- Precio
- Potencia
- Velocidad
- Consumo eléctrico
- Componentes
- Dimensiones
- Funcionamiento

Pudiendo así reconocer los **datos necesarios** (ver anexo Dossier, Fase1: Estudio de mercado) para su mejora en aspectos de diseño. Más tarde esta parte del proyecto ayudaría a la realización de los factores del nuevo diseño.



# 6 · RESULTADOS .....

## 6.2 · INVESTIGACIÓN – 6.3 · PROCESO CREATIVO. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.

### 6.2.1. Análisis:

Se plantean para el correcto estudio de los productos, siguiendo un orden para poder extraer de los mismo toda la información necesaria. Las conclusiones fueron:

**Entornos** en los que se hace uso de trituradoras: EE.UU, Reino Unido, Nueva Zelanda y Suecia.

Para las compactadoras los países son: EE.UU, Escocia e Inglaterra. Ambos productos se aplican tanto en el ámbito industrial como doméstico.

**Forma/función:** cilíndrica y orgánica para las trituradoras al conectarse con el fregadero y las tuberías. Prisma geométrico para las compactadoras que ocupan un espacio mayor.

**Mecánico/Electrónico:** en este análisis se extrajeron datos de consumo y potencia para compactadoras y trituradoras domésticas, comerciales e industriales.

(ver anexo Dossier, Fase 1: Análisis trituradoras y Análisis compactadoras)

### 6.2.2. Investigación PEA's:

Para este apartado se dividió el estudio en dos clases: **electrónicos e iónicos**.

A partir de entonces se investigaron el funcionamiento, ventajas e inconvenientes y aplicaciones de cada clase de polímeros electroactivos.

Las conclusiones obtenidas fueron:

- Electrónicos:** trabajan bajo corriente continua. Necesidad de campos o altas fuerzas eléctricas.

Ventajas como la respuesta rápida, grandes fuerzas, y mantenimiento de tensión. Trabajan además a temperatura ambiente.

- Iónicos:** trabajan entre 1 y 2 Voltios con humedad produciendo el movimiento de iones.

Ventajas como los bajos voltajes para su accionamiento y la posibilidad de doblado.

(Ver anexo Dossier, Fase1: Investigación)

### 6.3.1. EDP's – Elección de un PEA:

Para la elección de un tipo de polímero electroactivo, se determinaron primero unas especificaciones de diseño(12) y posteriormente se realizó una tabla comparativa entre dos de ellos:

- Industrial:** la aplicación de nuevas tecnologías se desarrolla en entornos industriales, por lo que el producto será dirigido a este ámbito.

- Versátil:** en relación a la cantidad de posibilidades funcionales de esta nueva tecnología, simplificando el mecanismo.

- Funcional:** el dispositivo debe ejercer una fuerza mínima de 600kg y una serie de movimientos para satisfacer las necesidades de triturar y compactar.

- Innovador:** debe mejorar los productos existentes en el mercado.

- Seguro:** no debe poner en peligro al usuario durante su uso o limpieza.

- Eficiente:** realizar la función ahorrando energía en comparación a productos en el mercado actual.

Gracias a la definición de estos factores, se pudo observar según sus aplicaciones y propiedades, que el PEA idóneo para el nuevo diseño era el **Nitinol**. (Ver anexo Dossier, Fase 2: EDP'S – Título: Elección de un grupo y tipo).

# 6 · RESULTADOS

## 6.3 · PROCESO CREATIVO. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.

### 6.3.1· Elección de un PEA:

#### //ESQUELETO MAMÍFEROS

	Mínimo	Máximo
Estiramiento	20%	>40%
Ratio estiramiento		>50%/s
Densidad trabajo	8 KJ/m <sup>3</sup>	40 KJ/m <sup>3</sup>
Densidad	1037 Kg/m <sup>3</sup>	
Tensión	0.1 Mpa	0.35 Mpa
Potencia	50 W/kg	284 W/kg
Eficiencia		40%
Ciclo vida		10 <sup>9</sup>
Módulo elástico	10 - 60 MPa	83 GPa

La comparación de valores como la tensión, potencia o la densidad de trabajo entre los huesos y el Nitinol, indican que éste último es mucho más resistente y por tanto puede llegar a aplastar huesos si se aplican fuerzas de forma correcta.

Tabla 1

#### //ALEACIONES DE MEMORIA-FORMA (NITI)

	Mínimo	Medio	Máximo
Estiramiento		5%	8%
Ratio estiramiento		300%/s	
Densidad trabajo		1000 KJ/m <sup>3</sup>	10000 KJ/m <sup>3</sup>
Densidad		6450 Kg/m <sup>3</sup>	
Tensión			200 MPa
Potencia		1000 W/kg	>50000 W/kg
Eficiencia			<5%
Ciclo vida	300 (~5%)		10 <sup>7</sup> (~0.5%)
Módulo elástico	20 GPa		83 GPa
Fuerza tensil		1000 MPa	
Voltaje aplicación		4 V	
Conductividad		12500 S/cm	14250 S/cm

Tabla 2

Tabla1 y tabla2 extraídas del artículo: «Tecnología de músculos artificiales: principios físicos y perspectivas navales»  
IEEE Journal of oceanic engineerig, Vol.29, Nº 3, July 2004

# 6 · RESULTADOS

## 6.3 · PROCESO CREATIVO. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.

### 6.3.1· Elección de un PEA:

El Nitinol soporta una alta resistencia por sección de cable (200MPa), una capacidad de estiramiento considerable (20-40%) y un módulo elástico elevado (hasta 83 Mpa), dato importante al tratarse de la rigidez por longitud en una determinada sección de cable. (Ver tabla1 y tabla 2)

Su resistividad a la corriente, la fuerza que podía soportar con diámetros de cable mínimos, el coste , los bajos voltajes requeridos para su funcionamiento y la existencia de prototipos funcionales fueron otras razones por las cuales se eligió este material. (13)

En las figuras siguientes se muestran los movimientos realizados por tres prototipos elaborados en el MIT (Massachusetts Institute of Technology).

El primero es el más complejo y posee cables de Nitinol dispuestos de manera longitudinal y en espiral, para poder realizar movimientos peristálticos.

1º



Figura 4

2º



Figura 5

3º



Figura 6

Figura 4,5 y 6: Prototipos funcionales de Nitinol desarrollados por el MIT

(Massachusetts Institute of Technology)

<https://www.youtube.com/watch?v=EXkf62qGFII>

# 6 · RESULTADOS

## 6.3 · PROCESO CREATIVO. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.

**6.3.2. Proceso creativo (Metodología biónica):** el diseño del producto fue inspirado de forma funcional por observaciones en la naturaleza. Se siguió para ello una metodología biónica para el músculo artificial.

Esta metodología consiste en captar los **principios biológicos** de ciertos seres vivos y traspasarlos a **principios ingenieriles**. Se buscaron movimientos para desgarrar, triturar, moler, aglomerar o compactar en la naturaleza.

Las conclusiones sacadas fueron:

- Necesidad de **acción mecánica**
- Movimiento **helicoidal, peristáltico** y en **3D**
- Disposición del hilo de Nitinol tanto **circular** como **longitudinalmente**.

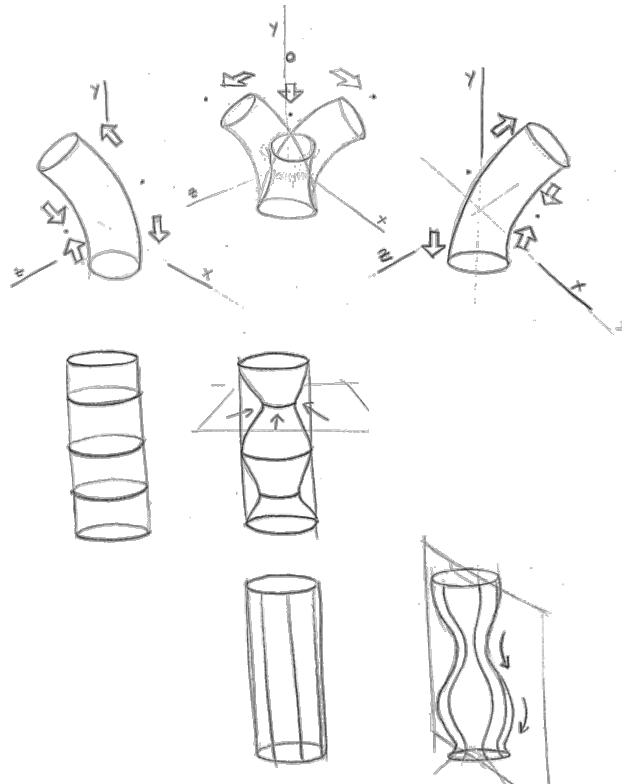


Figura 7: Movimientos realizados por el músculo artificial

Tabla 3: Metodología biónica (14)

Ser vivo	P. Biológico	P. Ingenieril
Protozoo	Compactar al alterarse	Enrolla su tallo en forma de espiral al expulsar iones de calcio
Útero	Compactar para sostener	Acción mecánica por señales enviadas desde el cerebro
Gusano	Contraer para trasladarse y disminuir sección	Acción mecánica de fibras en sentido <b>helicoidal</b>
Trompa	Movimiento 3D y fuerza para alimentarse	Músculos <b>contraen</b> y opuestos <b>se estiran</b> .
Lombriz	Contracción para moverse	Acción hidráulica de <b>músculos circulares y longitudinales</b>

# 6 · RESULTADOS

## 6.3 · PROCESO CREATIVO. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.

### 6.3.3 · Generación de conceptos:

Se realizaron 3 conceptos diferentes a partir del músculo en forma cilíndrica.

#### 1º Concepto: músculo cilíndrico para compactar y deshidratar.

El orificio de entrada de residuos se sitúa en la encimera de trabajo y conecta con el músculo artificial. El músculo se encuentra en la parte central del producto y los residuos se van compactando conforme pasan por el mismo.

El cajón con los elementos eléctricos está debajo del músculo. Entre estas dos partes hay una rejilla (malla con textil absorbente) que permite el paso de aire caliente dirigido al músculo. De esta manera se deshidratan los residuos una vez han sido compactados.

Así se consigue eliminar gran parte del agua de los mismos favoreciendo a su reducción de peso.

Movimientos de compactación bioinspirados

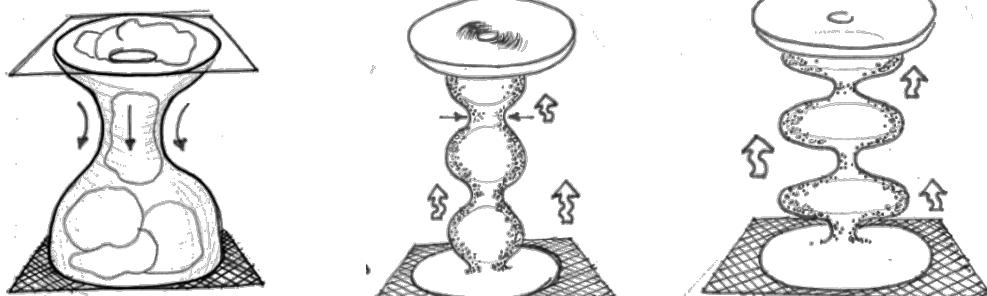
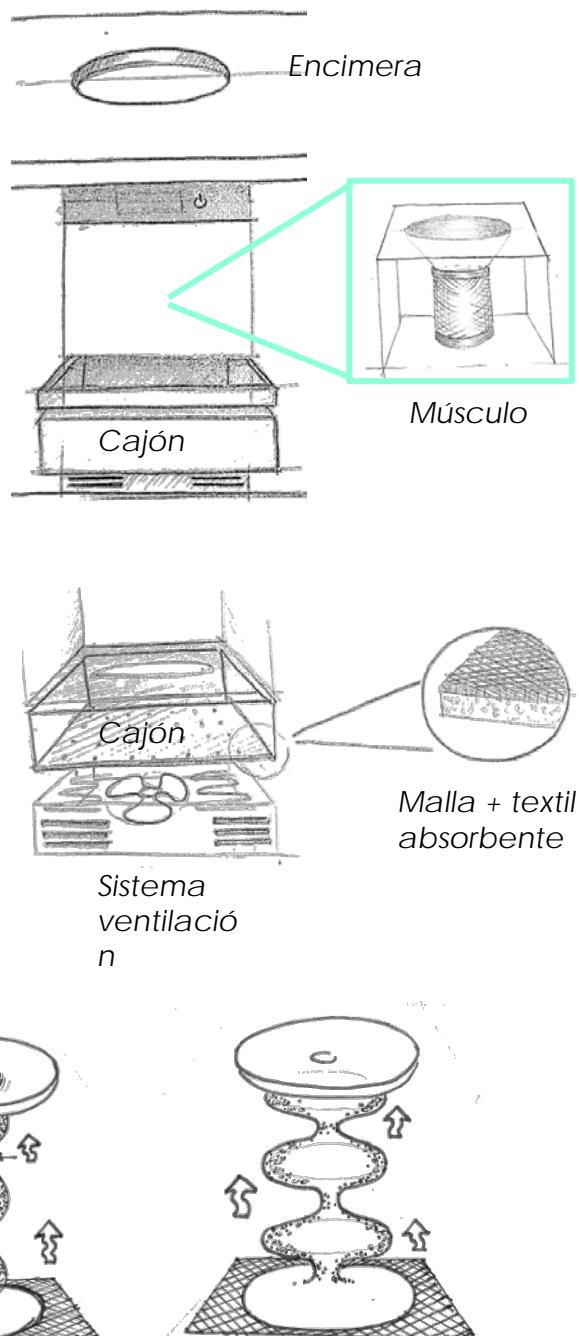


Figura 8: Concepto 1. Estructura formal y músculo artificial cilíndrico.



# 6 · RESULTADOS

## 6.3 · PROCESO CREATIVO. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.

### 6.3.3 · Generación de conceptos:

#### 2º Concepto: músculo rectangular para compactar y deshidratar.

Se cambia la disposición del músculo de Nitinol para mejorar la deshidratación de los restos orgánicos.

El músculo adopta forma de sobre, colocado en el centro de la estructura. A ambos lados se sitúan las resistencias y ventiladores para secar los residuos.

Esta nueva disposición permite el paso de la corriente de aire a través del músculo. La mejora consiste en que el músculo realizaría un residuo compactado de menor grosor, por lo que sería más fácil de deshidratar.

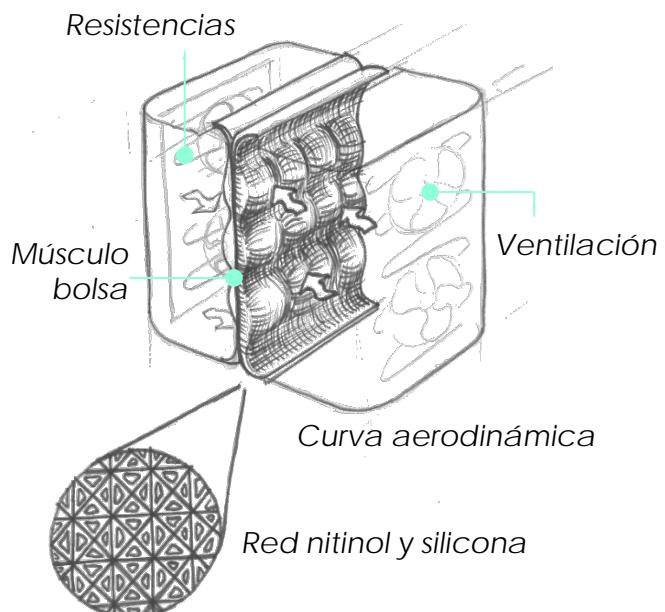
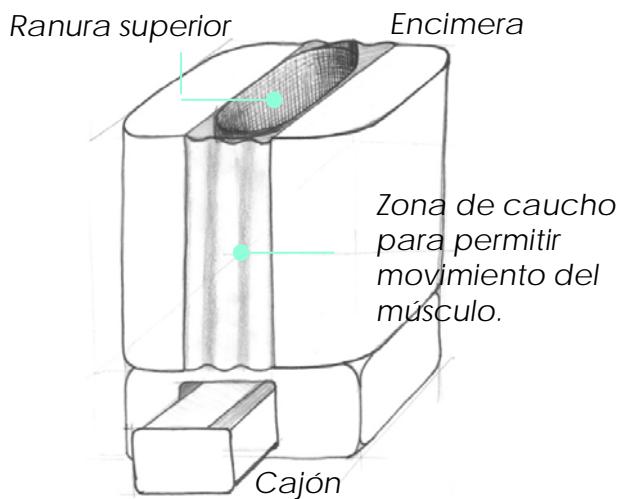
Las curvas aerodinámicas ayudan al flujo de aire caliente a direccionarse hacia el músculo.

Los restos entran por la ranura superior y se expulsan por la inferior.

Los cables se recubren de silicona, dejando orificios para que pase el aire.

En la parte inferior se encuentra el cajón al que caen los restos aglomerados con forma de disco.

Figura 9: Concepto2. Estructura y músculo artificial rectangular.



# 6 · RESULTADOS

## 6.3 · PROCESO CREATIVO. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.

### 6.3.3 · Generación de conceptos:

#### 3º Concepto: músculo cilíndrico combinado con trituración, embutición y sellado.

Se recupera la forma cilíndrica del músculo y se considera eliminar la fase de deshidratado debido al alto consumo que sería requerido.

La opción para reducir el consumo eléctrico y evitar el daño que produciría la energía térmica al músculo, es acoplar una trituradora para realizar una masa ligera de residuos orgánicos.

Además la fase de embutido permitiría guardar los residuos en un paquete de plástico evitando la segregación de malos olores.

Los jugos y líquidos se eliminan por el desagüe mientras que los restos compactados se embuten en un plástico que será sellado en una última fase.

La trituradora se acopla a la fregadera.

La compactadora se acopla a la trituradora para recibir la masa de restos orgánicos.

Se eliminan jugos y agua mediante fuerzas aplicadas en tres dimensiones y finalmente se embute en plástico gracias a la regulación de una válvula de retención. El producto resultante de residuos quedaría con forma de salchicha.

El sellado del plástico se realiza mediante grapadora industrial.

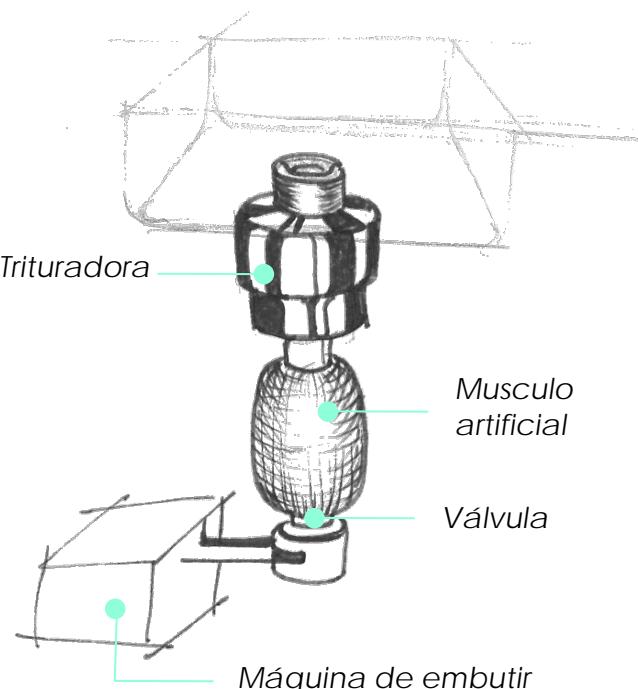


Figura 10: Concepto3. Trituradora y músculo artificial cilíndrico.

# 6 · RESULTADOS

## 6.3 · PROCESO CREATIVO. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.

### 6.3.3 · Generación de conceptos:

#### Tabla comparativa:

Se comparan los puntos fuertes y débiles de cada concepto. Elección de concepto 3 por la valoración de los aspectos positivos que presenta. Las desventajas serán consideradas en los siguientes apartados del proyecto.

Tabla 4: Valoración

	PUNTOS FUERTES	PUNTOS DÉBILES
CONCEPTO 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Torsión total de la malla de Nitinol.</li><li>• Ventilación continua.</li><li>• Diseño compacto.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tensiones en zonas de anclaje.</li><li>• No dispone restos compactados para deshidratación.</li><li>• El material absorbente del cajón es un foco de proliferación bacteriana.</li><li>• No ideado para uso industrial.</li></ul>
CONCEPTO 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Disposición correcta de residuos para deshidratar.</li><li>• Ventilación continua más efectiva.</li><li>• Mejor eliminación de humedad.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Menor flexibilidad del músculo artificial.</li><li>• Inexistencia de prototipos que imiten este movimiento.</li><li>• Problema en la evacuación (no está bien definida).</li></ul>
CONCEPTO 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trituración óptima.</li><li>• Compactación más sencilla, menos procesos y menor fuerza requerida.</li><li>• Reutilización de residuos.</li><li>• Menor consumo energético.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Posible uso de máquina de embutición (consumo energético).</li><li>• Mayor número de elementos y piezas.</li></ul>

# 6 · RESULTADOS

## 6.4 · DESARROLLO DE PRODUCTO.

### 6.4.1· Rediseño:

Profundización en el concepto3, desarrollo de bocetos para resolver su funcionamiento y desarrollar las piezas que lo componen.

Para ello se ha planteado el funcionamiento del mismo, y de ahí se detectaron nuevas necesidades y problemas.

También ayuda a seguir un orden de procesado de los residuos y no pasar por alto ninguna fase.

A partir del proceso de funcionamiento se comienzan a realizar bocetos que permitan llevar a cabo la finalidad del producto.

#### 1º Boceto:

Al ir unido a la trituradora, se partió del diámetro de su orificio de salida para diseñar el orificio de entrada de la compactadora.

Para ayudar a la fluidez de la masa que sale de la trituradora, se continuó con el diseño de una carcasa cilíndrica. Esta carcasa protege el músculo, evita manchar el entorno y dirige el líquido sobrante al desagüe.

El músculo se sitúa de forma concéntrica a la carcasa cilíndrica y finaliza en una válvula de seguridad. El músculo adaptado al primer boceto dispone los cables de Nitinol de forma longitudinal y transversal.

Esta válvula se abre una vez ha acabado el proceso de compactación de los residuos orgánicos. Entonces pasan a la máquina de embutir, a la cual hay que introducirle una cápsula con el plástico que contendrá los residuos.

La carcasa cilíndrica se une a la de desagüe, que está inclinada para eliminar de manera óptima el líquido sobrante.

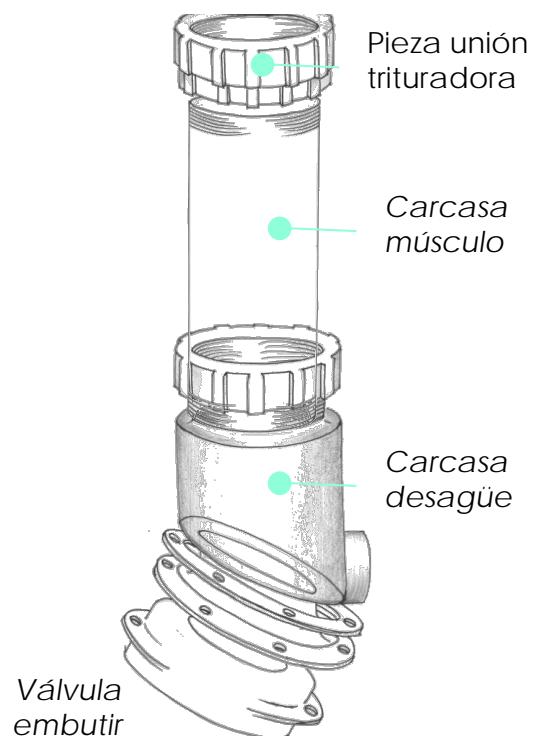


Figura 11: boceto 1

# 6 · RESULTADOS

## 6.4 · DESARROLLO DE PRODUCTO.

### 6.4.1. Rediseño:

#### 2º Boceto:

En este segundo boceto se trabajó en la idea de **desmontar y montar** las piezas fácilmente. Aumentando la comodidad, intercambiabilidad de piezas y limpieza.

Se aplicaron sistemas de encaje por presión y se observaron **filtros de nylon** comerciales con forma cilíndrica para diseñar uno similar para la compactadora.

Además se profundizó en las piezas que contienen los **elementos eléctricos** teniendo en cuenta la seguridad.

Se siguió diseñando el volumen de **forma cilíndrica** al mantener la fluidez de los residuos durante el proceso.

Se puede apreciar en los bocetos que el músculo se atornilla a una **carcasa con forma de jaula** por la parte superior.

El músculo posee en sus extremos dos piezas cilíndricas de caucho para evitar tensiones.

En el interior del músculo se acopla el filtro de nylon extraíble. El filtro también va atornillado a la jaula que sujeta el músculo por la parte inferior. En el extremo superior posee una arandela con media rosca para encavarlo a su equivalente colocada en el músculo.

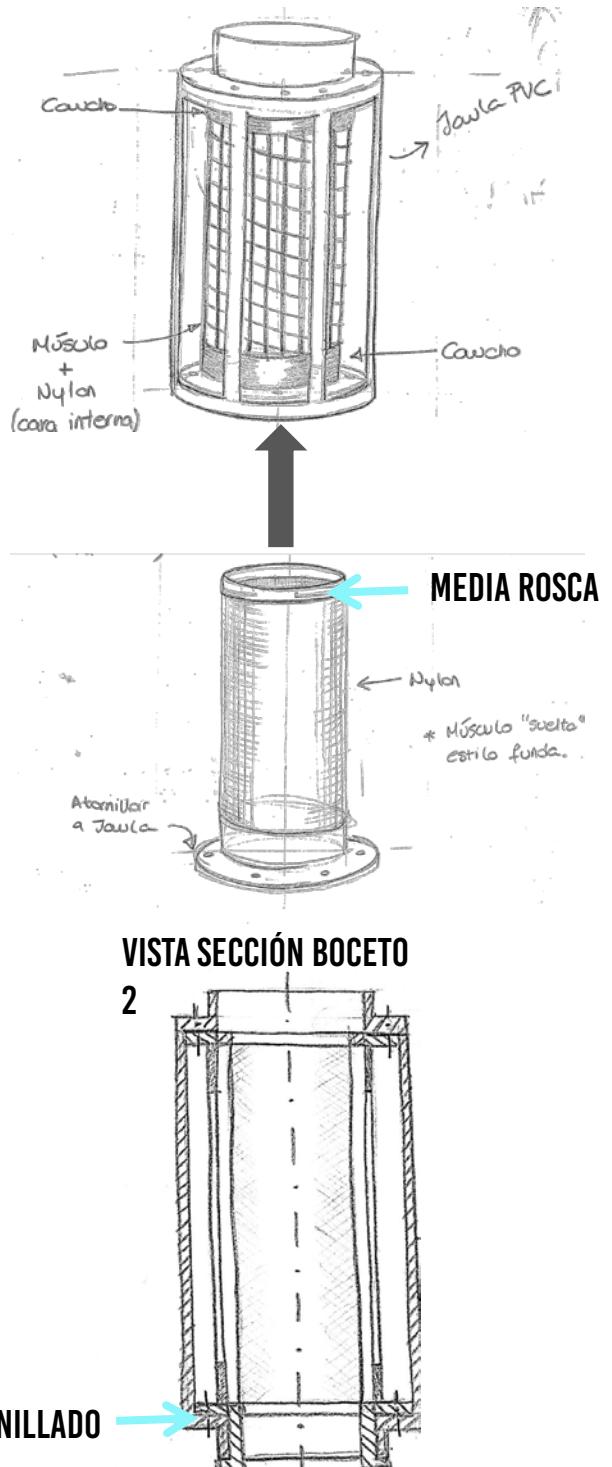


Figura 12: boceto 2

# 6 · RESULTADOS

## 6.4 · DESARROLLO DE PRODUCTO.

### 6.4.1· Rediseño:

#### 3º Boceto:

El tercer boceto se basa en la idea de poder **girar** la compactadora y **desencajarla** de los tubos a los que se acopla. Para ello la carcasa exterior se diseña con roscas de **medio giro** en sus extremos.

Las piezas internas se encajan mediante pestañas o roscas.

En la parte superior el músculo se encaja a la carcasa exterior gracias a dos **pestañas de seguridad**. El filtro se encaja por presión al músculo.

En la parte inferior el músculo y el filtro se unen por rosca a la carcasa exterior.

Este sistema de unión por rosca crea tensiones a la hora de funcionamiento, por lo que se decidió trabajar en un 4º boceto que simplificase estas uniones.

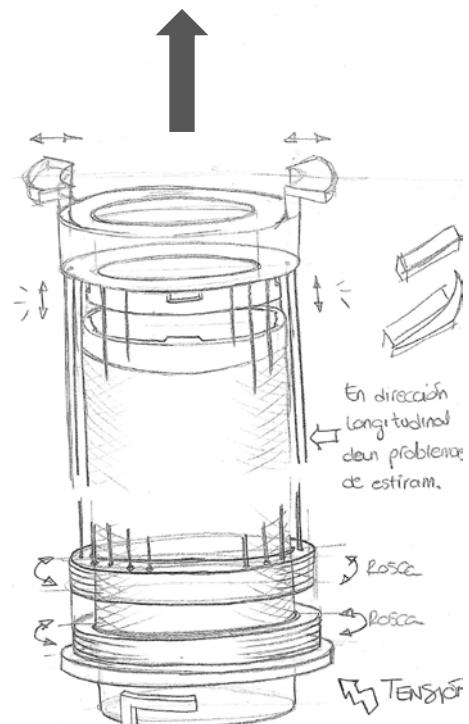


Figura 13: boceto 3

# 6 · RESULTADOS

## 6.4 · DESARROLLO DE PRODUCTO.

### 6.4.1· Rediseño:

#### 4º Boceto:

En este último boceto se representan las **uniones por presión** entre las diferentes piezas.

Se prioriza la **higiene** por lo que era necesario este sistema de ensamblaje. Se facilita así el montaje de la compactadora creando piezas que se pueden extraer del conjunto para limpiarlas.

La parte encargada de embutir los residuos compactados se ha desarrollado para **evitar fugas y abrir la cápsula** que contiene el plástico.

Al tener que existir un aislamiento entre los líquidos y los elementos eléctricos, se han colocado en las uniones arandelas de caucho.

El músculo se sujeta por la parte superior pero no por el extremo inferior, al no ser necesario gracias a los cables longitudinales de Nitinol que sujetan la estructura.

En los prototipos existentes de mallas de este cable, **un extremo es conectado a la corriente y el opuesto se deja libre**, permitiendo una mayor versatilidad de movimientos.

Se ha pensado en diseñar una pieza que conecte los cables de Nitinol a la corriente eléctrica. Dentro de esta pieza se encuentran los **elementos eléctricos** perfectamente **aislados**. En la parte superior un cilindro dirige el cable al exterior de las carcasas para no entrar en contacto con líquidos en ningún momento

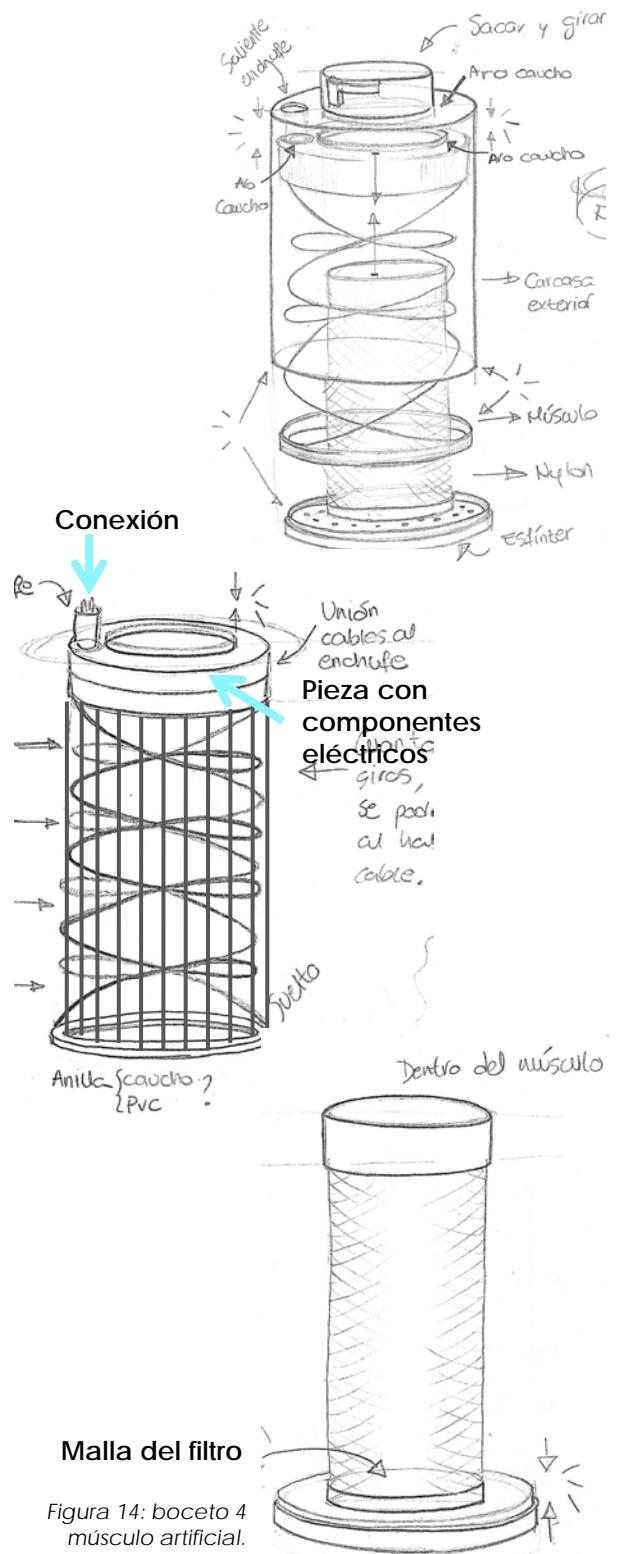


Figura 14: boceto 4  
músculo artificial.

# 6 · RESULTADOS

## 6.4 · DESARROLLO DE PRODUCTO.

### 6.4.2· Tecnología y experimentación:

#### Cable de Nitinol:

Un cable de sólo **0.25mm** es capaz de soportar 0.891kg de fuerza,  
**8.73N → 8.73/0.05 = 174.6N/mm<sup>2</sup>** así que necesitaríamos:

205 MPa / 174.6N/mm<sup>2</sup> = 1.2 ~ **1 CABLE** de Nitinol (de la longitud deseada)

Por 4.5\$ podemos obtener 1m de longitud. Si tenemos en cuenta que la altura deseada del músculo serán **0.5m** aproximadamente, invertiremos **2.25\$ por cable usado.**

Tras observar los resultados obtenidos, se llega a la conclusión de que el precio de cada cable es aproximadamente el mismo.

Por ello se utilizará el cable de **Nitinol de Ø=0,25 mm** para la realización del músculo de compactación. Aunque también se podrían combinar con los de **Ø=0,51 mm** para aportar una mayor resistencia por sección.

A continuación se realizará el diseño de la malla y del resto de componentes del diseño.



Diameter Size inches (mm)	Recommended Pull Force Pounds (grams)	Total Quantity Ordered 1-325ft (1-99m)	Total Quantity Ordered 328-3277ft (100-999m)	Total Quantity Ordered 3,280-32,797ft (1000-9999m)
0.010 (0.25)	1.96 (891)	\$1.37ft / \$4.50m	\$0.81ft / \$2.65m	\$0.48ft / \$1.59m
0.012 (0.31)	2.83 (1280)	\$2.06ft / \$6.75m	\$1.17ft / \$3.85m	\$0.72ft / \$2.35m
0.015 (0.38)	4.42 (2250)	\$2.06ft / \$6.75m	\$1.17ft / \$3.85m	\$0.72ft / \$2.35m
0.020 (0.51)*	7.85 (3560)	\$3.05ft / \$10.00m	\$1.52ft / \$5.00m	\$1.45ft / \$4.75m

Tabla 5: Datos cable Nitinol.  
Empresa Dynalloy Inc. (15)(16)

# 6 · RESULTADOS

## 6.4 · DESARROLLO DE PRODUCTO.

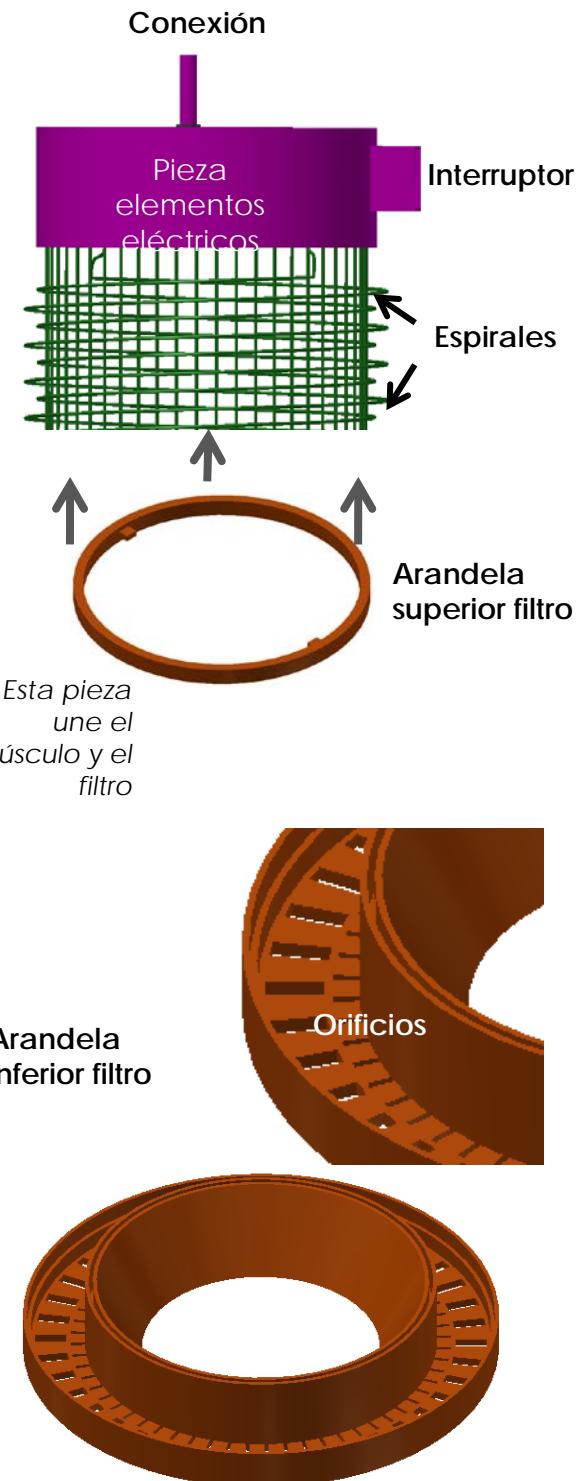
### 6.4.3· Diseño de piezas:

#### Piezas basadas en desarrollo del boceto 4:

Tras estudiar los prototipos funcionales se desarrolló el **músculo** definitivo, con **dos espirales concéntricas**, una de mayor diámetro que otra. De forma tangente a ellas se reparten cables **longitudinales** que permitirán el traslado de residuos.

Los cables se sujetan a la pieza de componentes eléctricos en la parte superior y a una anilla de plástico en la parte inferior.

El **filtro de geotextil**(17) queda encajado a la pieza de los componentes eléctricos por la parte superior mediante presión. La pieza inferior del filtro se encaja a la carcasa exterior y a la embutidora también por presión. Esta pieza posee unos **orificios** que dejan pasar los jugos y líquidos extraídos de los residuos.



# 6 · RESULTADOS

## 6.4 · DESARROLLO DE PRODUCTO.

### 6.4.3· Diseño de piezas:

#### Piezas basadas en desarrollo del boceto 4:

Para evitar que los residuos se fugasen durante la compactación era requerido colocar una válvula de seguridad que tan sólo se abra una vez ha acabado el proceso. Al quedar huecos entre estas cuatro piezas se colocó una arandela de caucho sobre ellas.

Esta válvula se encaja en la carcasa de embutir, sobre la cápsula de plástico.

La arandela se abate cuando empiece la embutición de residuos. Además se encarga de abrir la cápsula con el plástico en el que se embuten los restos.

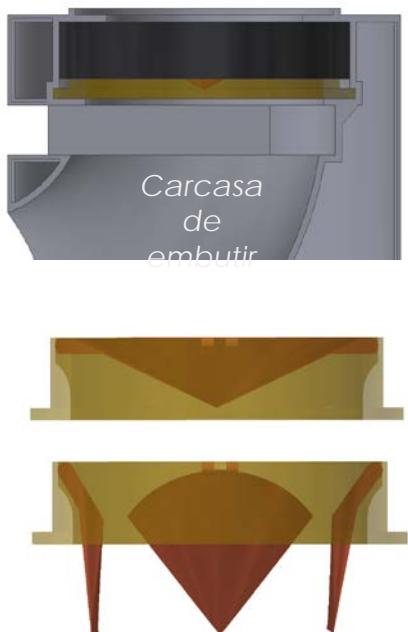


Figura 15: Válvula.

El diseño de la **embutidora** debía permitir a la vez que se drenasen por el **desagüe** los líquidos sobrantes.

Para conseguir estas dos funciones se colocaron la válvula y la carcasa una sobre la otra, en la parte central. A través de ellas pasarian los residuos y el líquido se desecharía por los laterales.

Esta carcasa se une mediante presión al filtro de nylon. Así los **restos** orgánicos pasan a través de él y a continuación **por la válvula y la cápsula**.

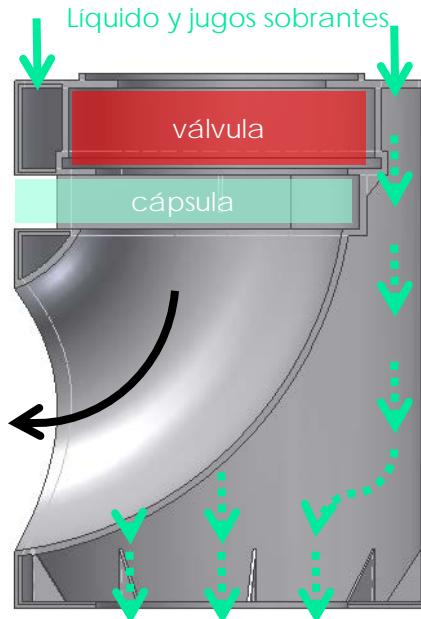


Figura 16: Carcasa de embutir.

# 6 · RESULTADOS

## 6.5. Aplicación de materiales:

**ABS:** es un termoplástico resistente a impactos. Posee además una alta resistencia química, **baja absorción de agua**, es **duro, rígido, tenaz** y tiene buena estabilidad dimensional.



Figura 17: Carcasa de embutir y arandela superior del filtro.

### CAUCHO SINTÉTICO:

Ha sido utilizado para la fabricación de las **arandelas de seguridad** que impiden el paso de líquidos entre carcasa. Aportan estanqueidad en la **zona** donde se colocan los **elementos eléctricos** y en la parte superior de la **válvula** para evitar fugas.



Figura 18: Arandelas de caucho.

**PC:** es un polímero de alta **resistencia al impacto** y rigidez. Además posee buena estabilidad dimensional, buenas propiedades de aislamiento eléctrico y resistencia térmica.



Figura 19: Tapa superior músculo, tapa inferior músculo y soporte válvula.

**PVC:** posee una óptima resistencia mecánica y al impacto. Además es un material duradero y resistente a la corrosión. Es idóneo para aplicar en objetos o entornos en contacto con líquidos o en presencia de humedad.

(ver anexo Dossier, Fase4: Síntesis – Selección de materiales)



Figura 20: Base del filtro y base del músculo.

# 6 · RESULTADOS

## 6.5. Aplicación de materiales:

**SAN:** gracias a su alta resistencia térmica, este material es el más adecuado para la pieza que actúa como **carcasa del músculo artificial**. Su transparencia permite observar el funcionamiento del mismo.



Figura 21: Carcasa exterior.

**Nitinol:** en este material se fabrica el músculo en forma de malla de la compactadora. Al ser un material tan resistente (más que los restos orgánicos sólidos) permite crear una presión lo suficientemente alta como para extraer los líquidos y reducir el volumen al mismo tiempo.



Figura 22: Malla Nitinol.

**Polipropileno:** este polímero es muy utilizado para la fabricación de geotextiles. Estas membranas se encargan de separar, filtrar y drenar partículas. Son usados en construcción, pero también existen aplicaciones en productos como depuradoras ya que el tipo de filtrado depende del tamaño de sus poros.

Posee resistencia mecánica ante tracción, punzonamiento y desgarro, por lo que lo hace idóneo para aplicar en este producto.



Figura 23: Filtro.

**POM:** se trata de un polímero de alta rigidez, baja fricción y muy buena estabilidad dimensional. Al estar dirigido a la producción de piezas móviles y de precisión se ha decidido diseñar con este material las cuatro piezas que se abren y cierran de la válvula de seguridad.

(ver anexo Dossier, Fase 4: Síntesis – Selección de materiales)



Figura 24: Piezas móviles de la válvula de seguridad.

# 6 · RESULTADOS

---

## 6.6. Aplicación en su entorno de trabajo:

### Entorno Industrial:



Figura 25: Compactadora debajo del fregadero.  
Entorno industrial

El producto está destinado a un **entorno industrial**, en el cual se eliminan grandes cantidades de restos orgánicos en poco tiempo.

Tras haber realizado el estudio del entorno más apropiado en la primera fase, se ha decidido aplicar el producto en ámbitos como la hostelería, sanidad, en colegios, universidades, centros penitenciarios, etc.

Estos entornos se verían favorecidos al hacer uso de este producto debido a las numerosas ventajas que presenta en la eliminación de residuos orgánicos.



Figura 26: Compactadora debajo del fregadero.  
Entorno doméstico.

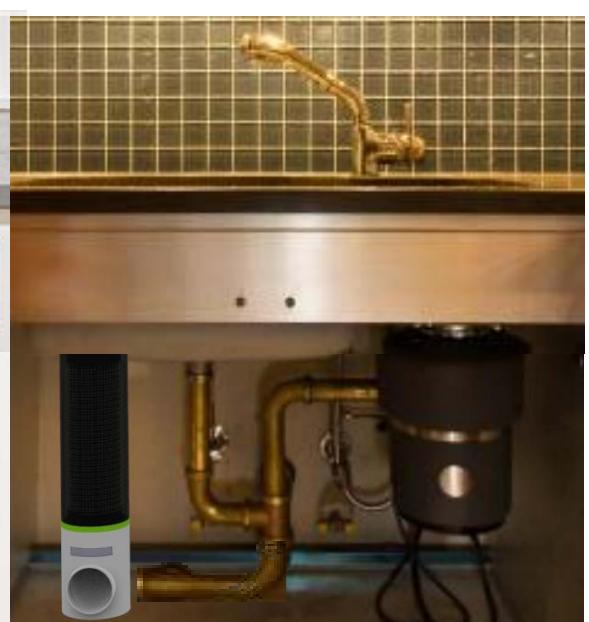


Figura 27: Compactadora debajo del fregadero.  
Entorno doméstico.

# 6 · RESULTADOS .....

## 6.6. Aplicación en su entorno de trabajo:

### Entorno Industrial:

Tampoco se descarta su futura introducción en el **entorno doméstico** facilitando así la vida a un mayor número de usuarios además de favorecer el medio ambiente de forma más amplia.

De esta forma se introduce una herramienta que ayuda a dar una segunda vida a los residuos orgánicos, por ejemplo utilizándolos para compost. En vez de tener que manejar los residuos y separarlos manualmente, el diseño se encarga de recoger todo lo que se deseche por la fregadera y **automáticamente envasarlo para reutilizarlo**.

Los usuarios podrán adquirir un **nuevo hábito** que protege al medioambiente **sin obligarse a las cambiar pautas** diarias de gestión de residuos, haciéndolo muy fácil de adquirir por la sociedad. Es de hecho una medida que aumenta la comodidad de esta tarea, así como la higiene.

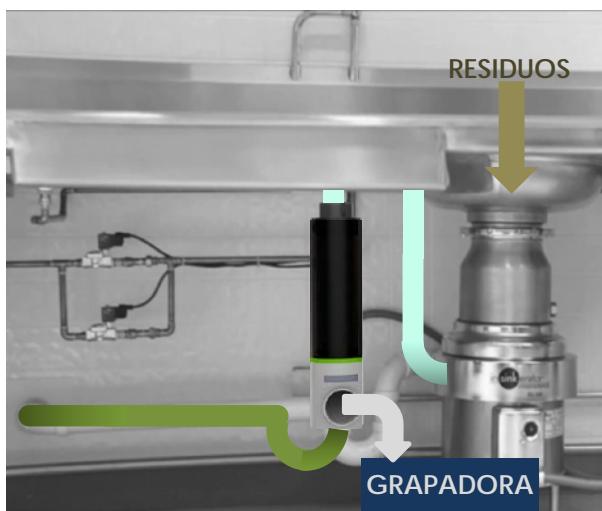


Figura 28: Posible instalación de la compactadora, trituradora y grapadora en un entorno industrial.

La compactadora debe estar conectada a la trituradora para poder realizar la compactación de los residuos.

Los residuos se eliminan por la fregadera, que se conecta directamente a la trituradora. Desde ahí un tubo (azul) lleva los residuos triturados a la compactadora y cuando el sensor de llenado indica que el volumen del músculo está completo, se comienza a compactar la masa de residuos.

El tubo de desagüe (verde) está conectado a la compactadora, eliminando así todo líquido sobrante. El orificio frontal de la compactadora extrae los restos orgánicos ya embutidos, que serán sellados por la grapadora acoplada al mismo.

(Ver anexo Dossier, Fase 4: Síntesis - Entorno)

# 6 · RESULTADOS

## 6.7. Aplicación forma/función::

El proceso al cual se someten los residuos orgánicos determinan la forma de las diferentes piezas que componen el producto.

El **orificio de entrada** en la parte superior tiene el mismo diámetro del agujero de salida de la trituradora. De esta manera se conectan a través de un tubo de pvc que lleva los residuos desde la trituradora hasta la compactadora.

La **forma cilíndrica** aporta **fluidez** en el transporte de los restos. Además el músculo gracias a esta geometría puede ejercer presión en **tres direcciones**, ayudando a la compactación.

Debido a estos factores principales, el resto de las piezas también han seguido esta forma cilíndrica, creando continuidad entre ellas mediante sistemas de encaje y presión.

Los **cables** del músculo de enrollan alrededor del filtro para ejercer fuerzas compactadoras. Los cables están recubiertos de un plástico para evitar cortocircuitos en el momento de extracción de jugos.

Los jugos salen a través de las paredes de la membrana de geotextil. La **carcasa exterior** evita que se manche el entorno en el momento de funcionamiento del músculo. Además dirige los líquidos **hacia los orificios** de la parte inferior.



Figura 29: Fluidos (flechas) cayendo por el interior de la carcasa.



Figura 30: Fluidos (flechas) saliendo a través del músculo artificial y del filtro.

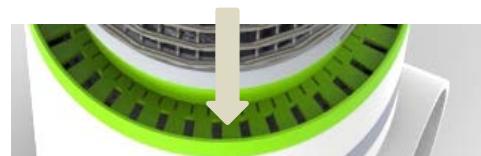


Figura 31: Fluidos (flecha) entrando por los orificios de la base del filtro.

# 6 · RESULTADOS

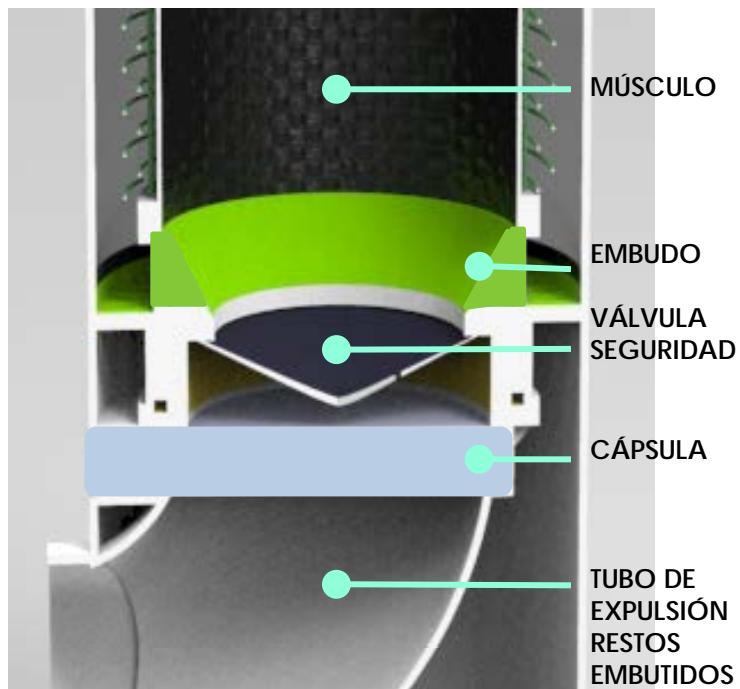
## 6.7. Aplicación forma/función:

El músculo finaliza en un **embudo** que dirige los restos compactados hacia la válvula de seguridad. Este embudo es parte del filtro, y posee orificios en la circunferencia exterior que permiten la eliminación de los líquidos. Esto es posible ya que las paredes de la carcasa exterior dirigen los jugos hacia estos orificios inferiores.

Debajo de la **válvula de seguridad** se coloca la **cápsula** que contiene el plástico que guardará los restos compactados. La cápsula se abre por la acción de las **pestañas** de la válvula, que en el momento de abrirse **rompen la cápsula** y sujetan el plástico. La válvula no se abre hasta que la presión ejercida sea muy elevada (en la fase final de extracción).

En este momento el músculo recrea el **movimiento peristáltico** e introduce los restos en el plástico. Una vez embutidos, son expulsados por el tubo inferior.

Figura 32: Corte de la compactadora mostrando sus partes.



# 6 · RESULTADOS

## 6.7· Aplicación forma/función:

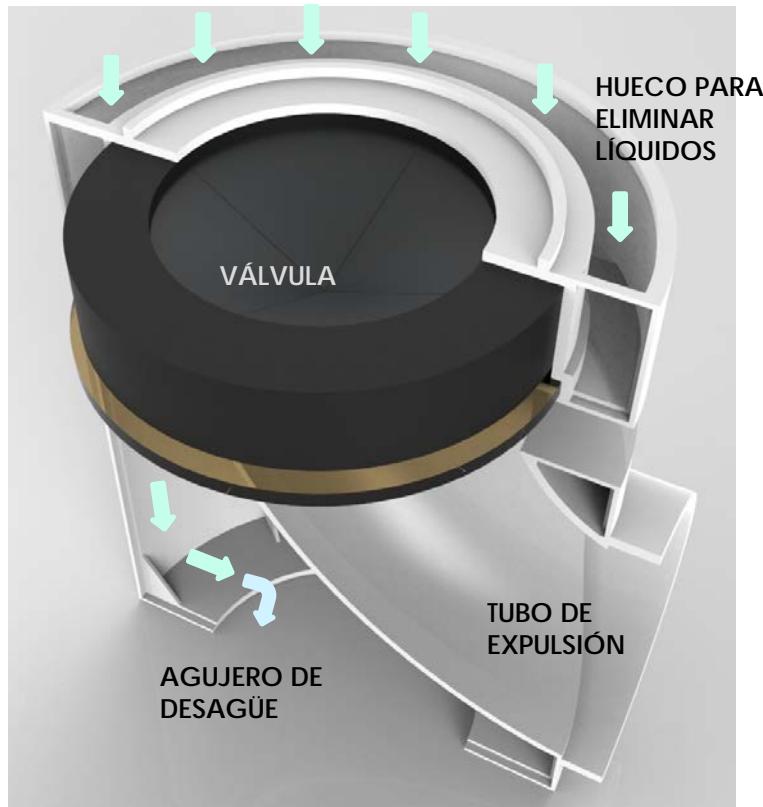
Mientras los residuos son eliminados por el tubo de expulsión, los líquidos caen a la parte inferior de la carcasa blanca donde se sitúa un agujero conectado al tubo de desagüe.

Gracias a la **posición vertical** del producto, los residuos y líquidos fluyen hacia el desagüe por acción de la gravedad. Por ello se diseñó con esta forma que se apoyaba en este factor para facilitar el vaciado de la compactadora.

Las diferentes piezas se colocan de **forma transversal** y así los residuos pasan por las diferentes fases hasta llegar al embutido final.

Una vez se ha conseguido el embutido, una grapadora industrial sellará el plástico.

Figura 33: Corte de la embutidora mostrando sus partes.



# 6 · RESULTADOS .....

## 6.8. Coste:

Considerando el material, dimensiones y tiempo de montaje, el coste del producto asciende a **67.30€**.

El **público objetivo** son profesionales dedicados a la **hostelería, empresas** que suministren **electrodomésticos** industriales o que se dediquen a las **instalaciones** de cocinas industriales.

El otro público objetivo serían **particulares o comunidades** que utilicen el producto en un entorno doméstico para mejorar su calidad de vida y que estén concienciados con el medio ambiente.

El coste del producto se ha calculado mediante una tabla de excel, introduciendo las dimensiones y precios aproximados de cada pieza. (18)

(ver anexo: Precio aproximado WasteCompactor)

**PROFESIONALES HOSTELEROS  
EMPRESAS DE INSTALACIÓN  
EMPRESAS FABRICACIÓN DE  
ELECTRODOMÉSTICOS**



**PARTICULARES  
COMUNIDADES**



**67,30 €**

## 7 - VISUALIZACIÓN

---



## 7 - VISUALIZACIÓN

---



# 7 - VISUALIZACIÓN

---

Espacio para colocar los elementos eléctricos.



# 7 - VISUALIZACIÓN

---

Base del filtro:  
permite el paso  
de los jugos  
extraídos y del  
agua.

Válvula de  
seguridad: se  
abre una vez ha  
finalizado el  
proceso de  
compactado.

Hueco para  
introducir la cápsula  
que contiene el  
plástico para  
embutir.



# 8 · CONCLUSIONES

---

## 8.1. Generales:

Las conclusiones sacadas del trabajo se centran en las ventajas que puede llegar a aportar por un lado, la tecnología de músculos artificiales que tras meses de investigación demostraron ser un gran apoyo para la innovación en el desarrollo de productos en general y por otro lado el potencial que tiene el Nitinol tras observar los prototipos funcionales existentes.

Además en relación al diseño final, se ha conseguido implantar una tecnología que aún no está presente en ningún producto de en forma de malla, aunque sí sea utilizado cable de Nitinol como apoyo combinado con otros mecanismos o de manera independiente en el ámbito médico.

Cada año se persigue reducir aun más el volumen de basura generado, basándose en el reciclaje y reutilización de envases, cartones, vidrio, etc. Pero este producto consigue reducir y reutilizar restos orgánicos que son directamente desperdiados, o reusados pero no de manera jerarquizada como pasa con los anteriores. Se ayuda a gestionarlos de una manera a la que resulta fácil acostumbrarse.

## 8.2. Personales:

En el ámbito de la ecología y de impactos medioambientales nocivos, existen una gran cantidad de necesidades que pueden ser cubiertas mediante el avance tecnológico y el diseño de productos, hecho que no habría podido destacar si no los hubiese estudiado en profundidad.

En este tipo de trabajos más extensos que los anteriores te das cuenta de que cada parte es igual de importante y que el orden seguido en las metodologías aplicadas ayuda plasmar la información de forma que se facilite la obtención de resultados.

Tras meses de trabajo y la cantidad de información buscada, se ha podido adquirir una gran cantidad de conocimientos acerca de una tecnología que desconocía por completo además de reconocer que cuanta más información se encontraba, más mejoras se querían aplicar al producto en la fase conceptual.

Hasta el último día del trabajo se han leído noticias, visto vídeos o imágenes que aportan algo más al proyecto, haciendo del diseño un proceso que no tendría fin.

# 9 · BIBLIOGRAFÍA

- (1) Apuntes Metodología de Diseño – pág.21. Asignatura Taller de diseño 2. Autor: Ignacio López Forniés.
- (2) Apuntes Metodología Biónica 2 – pág. 13 hasta 23. Asignatura Biónica. Autor: Ignacio López Forniés.
- (3) Apuntes Tema 2 y tema 3 : «El proceso de diseño I» y «El proceso de diseño II». Asignatura Taller de diseño 2. Autor: Ignacio López Forniés.
- Apuntes Concepto Global de desarrollo del producto. Asignatura Taller de diseño 3. Autor: Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA).UNIZAR.
- (4)Impactos medioambientales: «Recolección y eliminación de basura». Punto2: Los desechos sólidos incluyen  
[http://es.wikibooks.org/wiki/Impactos\\_ambientales/Recolecci%C3%B3n\\_y\\_eliminaci%C3%B3n\\_de\\_basura](http://es.wikibooks.org/wiki/Impactos_ambientales/Recolecci%C3%B3n_y_eliminaci%C3%B3n_de_basura)
- (5) Rellenos sanitarios: [https://es.wikipedia.org/wiki/Vertedero\\_\(basura\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Vertedero_(basura))
- (6) Desechos orgánicos : [http://es.wikipedia.org/wiki/Desecho\\_org%C3%A1nico](http://es.wikipedia.org/wiki/Desecho_org%C3%A1nico)
- (7) Aguas residuales – Parte 3: *Influencias en el medio receptor :*  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Aguas\\_residuales](https://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_residuales)
- (8) Incineración: <https://es.wikipedia.org/wiki/Incineraci%C3%B3n>
- (9)Cantidad de basura generada en 2012 - European Environment Agency- 2015:  
<http://glossary.eea.europa.eu//terminology/sitesearch?term=waste+generation>
- (10) Basura Cero: [http://es.wikipedia.org/wiki/Basura\\_cero](http://es.wikipedia.org/wiki/Basura_cero)
- (11) Compost: <http://en.wikipedia.org/wiki/Compost>
- (12) Apuntes Tema 2: «EDP's». Asignatura Taller de diseño 3. Autor: Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA).UNIZAR.
- (13) Documentación extraída del artículo: «Tecnología de músculos artificiales: principios físicos y perspectivas navales»  
IEEE Journal of oceanic engineerig, Vol.29, N° 3, July 2004
- (14) Búsqueda de información. Palabras clave: compact, reduce size, reduce volume. Fuente: <http://www.asknature.org/>
- (15) Documento de información acerca del cable de Nitinol comercial:  
<http://www.dynalloy.com/pdfs/TCF1140.pdf>
- (16) Tabla 5: [http://www.dynalloy.com/flexwire\\_70\\_90.php](http://www.dynalloy.com/flexwire_70_90.php)
- (17) Propiedades Geotextil: <https://es.wikipedia.org/wiki/Geotextil>
- (18) Precios aproximados de cada pieza:  
<https://www.todorepuestoselectro.com/cafeteras-de-capsulas/cafetera-bosh-braun-tassimo?manufacturer=&sort=pd.name&order=DESC.>