

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías
Industriales

Diseño y fabricación mediante tecnologías aditivas
de prototipo para la dispensación de comida húmeda
para mascotas

Autor: Moisés Moya Muñoz

Tutor: Andrés Jesús Martínez Donaire

Dep. Ingeniería Mecánica y Fabricación
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Diseño y fabricación mediante tecnologías aditivas de prototipo para la dispensación de comida húmeda para mascotas

Autor:

Moisés Moya Muñoz

Tutor:

Andrés Jesús Martínez Donaire

Profesor contratado doctor interino

Dep. de Ingeniería Mecánica y Fabricación

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017

Trabajo Fin de Grado: Diseño y fabricación mediante tecnologías aditivas de prototipo para la dispensación de comida húmeda para mascotas

Autor: Moisés Moya Muñoz

Tutor: Andrés Jesús Martínez Donaire

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

A mis padres, Moisés y Mari

A mi familia

A mis amigos y maestros

Agradecimientos

Este trabajo está dedicado a mis padres, Moisés y Mari, que desde bien pequeñito me guiaron y me dieron la oportunidad de poder estudiar para poder tener un futuro próspero. Agradecerles el enorme sacrificio que han hecho por haberse privado de muchas cosas. Durante toda mi vida de estudiante hasta llegar a la universidad, mi padre día tras día andaba de un lado para otro llevándome tanto a mi como a mi hermana Marta a las clases extraescolares. Mi madre, luchadora en su trabajo y luchadora en casa, indispensable su labor para que hoy esté donde estoy.

Mencionaba antes a mi hermana Marta, desde pequeño ayudándome a hacer mis deberes y un ejemplo a seguir de constancia y esfuerzo, consiguiendo todo lo que se propone.

Por otro lado, también agradecer a aquellos profesores con vocación de verdad que se han involucrado en su trabajo, ya que son estas personas las que te motivan a seguir estudiando y te hacen todo más fácil.

Gracias José Luís y Mari Carmen por vuestra hospitalidad y hacer que me sintiera como en casa durante mi estancia en Madrid. Compañeros de vacaciones desde que tengo recuerdos, con sus hijos José Álvaro y Juan Alberto, son mi segunda familia.

También hacer mención a mis amigos desde el colegio Enrique, Alejandro, José Manuel y Guillermo, con ellos he crecido y juntos hemos pasado cada etapa de nuestra vida. Compañeros de innumerables juergas y grandes viajes, cargados todos ellos de recuerdos y sensaciones inolvidables. Ellos también tienen algo que ver en esto.

Por último, pero no menos importante, me gustaría nombrar a mi niña Lola que en este último tiempo está siendo un pilar importante en mi vida.

Moisés Moya Muñoz

Sevilla, 2017

Resumen

En este proyecto se va a diseñar y posteriormente fabricar un prototipo para la dispensación de comida húmeda para perros y gatos haciendo uso de impresoras de tecnología FDM de modelado por deposición fundida de polímeros. Con esto se quiere tener un primer acercamiento a una máquina más compleja, capaz de dispensar de manera automática y programable, comida húmeda para mascotas. Cubriendo así una necesidad en la demanda del mercado que hasta ahora no está cubierta.

En un primer lugar, se introduce al problema haciendo alusión a la participación en la XII edición del concurso de ideas de la Universidad de Sevilla, además de describir el mercado de los alimentos húmedos para mascotas.

Posteriormente, y tras hacer una breve reseña sobre la fabricación aditiva, se aborda la fase de diseño en la que se exponen todas las etapas hasta llegar al modelo definitivo. Jugarán un papel clave el tamaño, la simplicidad, y la facilidad para ser desmontado.

Por último, se lleva a cabo una modificación en el diseño para su adaptación a la fabricación aditiva, se fabrica, se ensambla, y se experimenta su funcionalidad.

Índice

Agradecimientos	9
Resumen	11
Índice	13
Índice de Figuras	15
1 Introducción	20
1.1 <i>Justificación</i>	20
1.2 <i>Fabricación aditiva</i>	22
1.2.1 Ventajas	23
1.2.2 Etapas del proceso	23
1.2.3 FDM	25
1.2.4 Aplicaciones de la fabricación aditiva	25
1.3 <i>Objetivo del proyecto</i>	27
2 Caracterización del problema	29
2.1 <i>Requisitos del diseño</i>	29
2.2 <i>Dimensionado</i>	29
3 Diseño	31
3.1 Diseños previos	31
3.2 Modelo 1	34
3.3 Modelo 2	42
3.4 Modelo definitivo	43
3.4.1 <i>Ventajas sobre los modelos 1 y 2</i>	50
4 Rediseño, fabricación y montaje	52
4.1 <i>Fallos en la fabricación con tecnología aditiva</i>	52
4.2 <i>Rediseño del modelo</i>	54
4.3 <i>Fabricación</i>	56
4.4 <i>Montaje</i>	71
5 Experimentación	80
5.1 <i>Salida del alimento</i>	80
5.2 <i>Estabilidad</i>	87
5.3 <i>Conservación</i>	88

6 Conclusiones	89
<i>6.1 Trabajos futuros</i>	89
Referencias	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Chuck W. Hull [1]	22
Figura 1-2. Adrian Bowyer (izquierda) y Vik Olliver (derecha), miembros del proyecto RepRap. [2]	22
Figura 1-3. Imagen obtenida del archivo .stl de la sección superior de un tornillo sin fin (imagen propia de este trabajo).	23
Figura 1-4. Imagen recortada del software CURA de dos piezas dispuestas virtualmente en la mesa de la impresora (imagen propia de este trabajo).	23
Figura 1-5. Impresora en fase de fabricación del tornillo sin fin mostrado en las figuras anteriores (imagen propia de este trabajo).	24
Figura 1-6. Tornillo sin fin ensamblado (figura propia del trabajo).	24
Figura 1-7. Clasificación AM. [3]	25
Figura 1-8. Soporte del ala de un Airbus A350 XWB. [4]	26
Figura 1-9. Oreja biónica impresa. [5]	26
Figura 1-10. Prototipado Rápido de una caja de cambios. [6]	26
Figura 1-11. Fabricación rápida de herramental para una cubierta de motor de limpiaparabrisas trasero de un vehículo. [7]	27
Figura 1-12. Piezas en titanio fabricadas en masa. [8]	27
Figura 2-1. Envase de cuatro bolsas de comida húmeda de 100 gr cada una.	30
Figura 3-1. Mecanismo de extracción para máquinas expendedoras automáticas. [9]	31
Figura 3-2. Boceto Sistema de almacenaje.	32
Figura 3-3. Boceto ilustrativo que abarca desde la salida del almacenaje hasta la apertura de la lata. Se emplea una cinta transportadora para desplazar la lata.	32
Figura 3-4. Pinzas para sujetar la lata.	33
Figura 3-5. Vista de perfil de las pinzas de la figura anterior.	33
Figura 3-6. Pistola de silicona. (Imagen tomada de google imágenes)	34
Figura 3-7. Parte delantera de una pistola de silicona actuada eléctricamente.	34
Figura 3-8. Parte central de una pistola de silicona actuada eléctricamente.	34
Figura 3-9. Motor de una pistola de silicona actuada eléctricamente.	34
Figura 3-10. Boceto prácticamente idéntico al comentado de youtube pero fijación a una base.	35
Figura 3-11. Detalle motor: agujeros sujeción.	35

Figura 3-12. Detalle motor: perfil.	35
Figura 3-13. Plano de medidas del motor.	36
Figura 3-14. Boceto de motor con caja de engranajes, perspectiva del sistema completo abajo a la izquierda y sistema de ruedas abajo a la derecha.	36
Figura 3-15. Soporte del tubo contenedor en la parte superior, medidas y anotaciones sobre la varilla central, tuercas, y otros elementos.	36
Figura 3-16. Sistema de ruedas que se ha modelado en CAD.	37
Figura 3-17. Cálculos del soporte motor.	37
Figura 3-18. Ruedas.	37
Figura 3-19. Trampilla frontal.	38
Figura 3-20. Vista en planta de la distribución de todos los componentes.	38
Figura 3-21. Placa fija con rosca.	39
Figura 3-22. Vista en planta del conjunto. Posición del motor ligeramente avanzada.	39
Figura 3-23. Vista en planta del conjunto. Motor en posición final.	40
Figura 3-24. Vista de perfil del conjunto.	40
Figura 3-25. Perspectiva del conjunto: vista delantera.	41
Figura 3-26. Perspectiva del conjunto: vista trasera.	41
Figura 3-27. Boceto modelo 2.	42
Figura 3-28. Máquina matancera sobre un banco. [10]	43
Figura 3-29. Máquina matancera desmontada. [10]	43
Figura 3-30. Detalle tornillo sin fin con paso diferente en cada zona.	44
Figura 3-31. Vista de perfil tornillo sin fin.	44
Figura 3-32. Vista frontal tornillo sin fin.	44
Figura 3-33. Vista frontal carcasa.	45
Figura 3-34. Vista de perfil carcasa.	45
Figura 3-35. Vista en planta carcasa.	46
Figura 3-36. Tapadera del depósito.	46
Figura 3-37. Tapadera roscada, vista frontal.	47
Figura 3-38. Tapadera roscada en perspectiva.	47
Figura 3-39. Acoplamiento.	47
Figura 3-40. Apoyo patas.	47
Figura 3-41. Vista frontal del conjunto.	48
Figura 3-42. Vista de perfil del conjunto.	49
Figura 3-43. Vista de perfil del conjunto.	50
Figura 4-1. No extruye al inicio de la impresión. [11]	52
Figura 4-2. Huecos en la cara superior. [11]	52
Figura 4-3. Detalle de hilos indeseados en una pieza. [11]	53
Figura 4-4. Pieza sin terminar por cese de la extrusión. [11]	53
Figura 4-5. Warping. [11]	53

Figura 4-6. Deslizamiento de capas. [11]	53
Figura 4-7. Separación de capas. [11]	54
Figura 4-8. Grietas en la primera capa. [11]	54
Figura 4-9. Manivela.	54
Figura 4-10. Carcasa modificada.	55
Figura 4-11. Tapadera frontal modificada.	56
Figura 4-12. Primer diseño de la base.	56
Figura 4-13. Máquina idéntica a la utilizada.	57
Figura 4-14. Parámetros básicos seleccionados en el software CURA.	58
Figura 4-15. Parámetros avanzados seleccionados en el software CURA.	58
Figura 4-16. Primera parte de la carcasa en la fase de impresión.	59
Figura 4-17. Primera parte de la carcasa terminada.	60
Figura 4-18. Segunda parte de la carcasa sobre la primera.	60
Figura 4-19. Tornillo sin fin en el transcurso de la impresión.	60
Figura 4-20. Tornillo sin fin terminado sobre la cama caliente.	60
Figura 4-21. Detalle escalones en la unión de los álabes del tornillo sin fin.	61
Figura 4-22. Máquina atascada por la extrusión de plástico sin mover el cabezal de coordenadas.	61
Figura 4-23. Detalle del trozo que se partió.	61
Figura 4-24. Tornillo sin fin definitivo.	62
Figura 4-25. Tapadera frontal 1.	63
Figura 4-26. Tapadera frontal 2.	63
Figura 4-27. Tapadera frontal 3.	63
Figura 4-28. Tapadera frontal 4.	63
Figura 4-29. Primer intento de manivela.	64
Figura 4-30. A la derecha se sitúa la pieza de la figura 4-29 tumbada, arriba el mango, y en el centro el eje del mango.	64
Figura 4-31. Tercer intento en la máquina 1, buena forma, pero diámetro interior insuficiente.	65
Figura 4-32. Conjunto manivela definitivo.	66
Figura 4-33. Tapadera depósito primitiva.	66
Figura 4-34. Tapadera depósito definitiva.	66
Figura 4-35. Fallo en la fabricación de la base.	66
Figura 4-36. Base terminada.	66
Figura 4-37. Carcasa montada en la base.	67
Figura 4-38. Carcasa montada en otra posición en la base.	67
Figura 4-39. Soporte de la base en CAD.	67
Figura 4-40. Parte del nuevo soporte de la base en construcción.	68
Figura 4-41. Detalle zona afectada por falta de plástico.	69
Figura 4-42. Segunda parte del soporte de la base.	70
Figura 4-43. Parte primera del soporte de la base. Se observan defectos en la mitad superior.	71

Figura 4-44. Pegamento utilizado.	72
Figura 4-45. Carcasa y tornillo sin fin.	72
Figura 4-46. Detalle refuerzos sobre las paredes del soporte.	73
Figura 4-47. Detalle agujero trasero carcasa limado.	73
Figura 4-48. Detalle agujero central limado.	74
Figura 4-49. Detalle saliente en la manivela.	75
Figura 4-50. Saliente retirado y agujero taladrado.	75
Figura 4-51. Detalle de la manivela atornillada al sin fin.	75
Figura 4-52. Detalle del ensamblaje de las tres partes de la manivela.	76
Figura 4-53. Detalle taladros en la carcasa.	76
Figura 4-54. Detalle tornillos en la tapadera frontal.	76
Figura 4-55. Detalle del hueco que queda entre la carcasa y la base debido al choque con el apoyo.	77
Figura 4-56. Detalle de la rebaja del apoyo y del círculo marcado en la base.	78
Figura 4-57. Detalle de la parte trasera de la base con el tornillo sin fin pasando por el taladro realizado.	79
Figura 5-1. Llenado del depósito.	80
Figura 5-2. Colocación de la tapadera.	80
Figura 5-3. Manivela en acción. El yogur empieza a salir.	81
Figura 5-4. Conjunto y recipiente con yogur.	82
Figura 5-5. Detalle de la cara frontal.	82
Figura 5-6. Lata de comida húmeda para gatos.	83
Figura 5-7. Detalle de la textura del contenido de la lata.	83
Figura 5-8. Detalle de una gota de caldo a punto de caer.	84
Figura 5-9. Dispositivo después de dispensar comida húmeda de lata.	85
Figura 5-10. Envase del producto.	85
Figura 5-11. Detalle de la textura del contenido de la bolsa.	85
Figura 5-12. Depósito llenado con el contenido de la bolsa.	86
Figura 5-13. Dispositivo después de dispensar comida húmeda de bolsa.	87
Figura 5-14. Detalle de la mano sujetando la carcasa contra la base.	88

1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto surge como consecuencia de la participación en la XII edición del Concurso Ideas de Negocio de la Universidad de Sevilla, en el que se presentó la idea de crear una “estación” que incorpore un dispensador automático de comida húmeda y otro de comida seca, bebedero, y múltiples extras para hacerlo más atractivo, útil y competitivo.

Por otro lado, gracias al aprovechamiento desde el punto de vista tecnológico de los avances logrados en las tecnologías de fabricación aditivas, entre otras cosas, se pueden crear prototipos de forma rápida y económica, consiguiendo así acelerar el proceso de diseño y fabricación de prácticamente cualquier artefacto.

1.1 Justificación

La actividad principal de la idea de negocio presentada consiste en el desarrollo, fabricación y venta de dispensadores automáticos de comida seca y húmeda, además de agua, para perros y gatos.

La estación incorpora un altavoz, un sistema de iluminación, y una cámara de visión delantera. Además, estará conectado a nuestro Smartphone a través de una aplicación móvil. A través de ella se podrán realizar varias acciones como programar las horas de dispensación, cuánta cantidad se quiere dispensar, comunicarse con la mascota a través del altavoz, visualizar la mascota a través de la cámara, programar el encendido de la iluminación. También habrá indicadores de los niveles de comida y agua restantes en los depósitos disponible desde la aplicación. Por último, la posibilidad de comprar on-line comida u otros complementos para la mascota, incluso hacer de manera automática pedidos cuando se detecten niveles bajos de comida en los depósitos.

- **Carácter innovador**

Lo realmente novedoso en este producto es que permite por primera vez, de manera automática, el ‘mixfeeding’ o alimentación mixta, es decir, la combinación en la dieta del animal de alimento seco y húmedo. En la actualidad, no existen en el mercado dispositivos que dispensen de manera automática comida húmeda.

Con esto se consigue, por primera vez, mantener exactamente la misma dieta equilibrada del animal tanto si se está en casa, como si se trabaja fuera todo el día. Incluso permite estar fuera unos días y dejar al animal en casa, gatos principalmente, sin ningún tipo de preocupación. Otras ventajas que ofrece es la comodidad, limpieza, y evitar malos olores una vez que se abre el envase de comida húmeda.

El problema hasta ahora había sido almacenar esta comida húmeda sin que se secase y perdiese sus propiedades. Mientras que el pienso puede almacenarse a granel en un depósito, no ocurre lo mismo con la comida húmeda. Este aspecto será el tratado en este documento.

- **Ventaja competitiva**

Se trata de un producto totalmente innovador, no existiendo actualmente en el mercado competidores que ofrezcan un producto con estas prestaciones. Por tanto, la ventaja competitiva sería la exclusividad del producto y de la función que desempeña.

Esto hace que se esté un paso por delante y se pueda vender el producto con mayor facilidad, además de crecer más rápidamente puesto que habría que abastecer a un gran número de potenciales clientes.

Por otra parte, este producto ofrece mejorar la calidad de vida del animal al tener una mejor y más completa alimentación frente a los dispensadores de alimento seco convencionales. Además, funciones como son la llamada al animal por voz, la visión a través de la cámara frontal, iluminación, programación de los horarios de comida desde el Smartphone, incluso la compra on-line a través de la aplicación de manera sencilla y rápida, hace que se vaya un paso por delante de los competidores.

Mencionar también como ventaja competitiva la aportación que el producto tendría para la salud de las mascotas, mejorando su calidad de vida gracias a una alimentación mejor y más completa con la implementación de comida húmeda en la dieta del animal.

Las ventajas que aporta el alimento húmedo son varias, entre las que destacan el alto contenido de humedad, una menor concentración de calorías por cantidad de alimento, lo cual ayuda a evitar el sobrepeso en gatos esterilizados y en animales sedentarios, y, por último, resulta mucho más atractivo para el animal. Constituye por tanto un complemento perfecto al alimento seco.

Así, en un estudio llevado a cabo por Mars y científicos del centro Waltham, se demuestra que el alimento húmedo es beneficioso y saludable para el organismo de las mascotas en múltiples aspectos [12].

- **Descripción del mercado y clientes potenciales**

Son cada vez más los hogares en los que hay mascotas, y mayoritariamente se tiende a considerarlas como un miembro más de la familia. De ahí el aumento de la preocupación por su correcta alimentación, salud, y bienestar general cuando estamos fuera de casa. A continuación, las características de los principales mercados a nivel global:

En EEUU existen 47.1 millones de hogares que tienen al menos un gato, y 60.2 millones que tienen al menos un perro. En total son 94.2 millones de gatos y 89.7 millones de perros. El gasto total en animales domésticos en el año 2016 fue de 66.75 billones de dólares, de los cuales 28.23 billones de dólares pertenecen al gasto en comida [13].

Por otro lado, según [14] en Europa en el año 2016 aproximadamente el 26% de hogares de la unión europea tenían al menos un gato y el 18% de estos hogares tenían al menos un perro, lo que supone en cifras algo más de 74 millones de gatos y más de 68 millones de perros. Unas ventas anuales de comida para mascotas superiores a 19.5 billones de euros, y un porcentaje de crecimiento anual del 2% en la industria de la alimentación de mascotas (valor promedio de los tres años anteriores).

En España uno de cada dos hogares tiene un animal doméstico. La cifra del gasto en alimentación para estas mascotas ascendió a 1.000 millones de euros [15]. El negocio entorno a las mascotas goza de buena salud y ha crecido un 3% de media durante la crisis, aunque aún estamos muy por detrás de otros países vecinos de la UE [16].

Además, según explica Aly Meyers, director general de Mars España, filial de uno de los grupos más grandes a nivel global en el sector de la alimentación tanto de mascotas como de personas, para el periódico El País: “La venta de la comida seca (el tradicional pienso) cae en favor de la comida húmeda (latas y tarrinas), con más valor añadido, al igual que los piensos naturales procedentes de cultivos ecológicos” [16].

En el resto de países, encontramos algunos mercados emergentes en este sector como son China, que al tener una tasa de nacimiento baja junto con el aumento de la población que pertenece a la clase media hace que el gasto en animales domésticos aumente. India, con un crecimiento anual esperado para los próximos años del 10-15%. Rusia, con inversiones millonarias por parte de Nestlé en fábricas de alimento húmedo para perros y gatos. Japón; donde prevalecen los gatos, registró unas ventas de comida húmeda por valor de 586 millones de dólares. En Tailandia las ventas de comida húmeda para perros y gatos crecen entorno al 13-16% al año. Brasil, con un crecimiento del mercado entorno al 12-17% anual, o Vietnam [17, 18].

Por último, los potenciales clientes son personas que suelen estar fuera de casa por tiempo prolongado, ya sea durante la jornada laboral o bien de viaje, preocupadas por la alimentación de su mascota y que quieren estabilidad en su dieta. Además, personas que busquen comodidad a la hora de alimentar a su mascota. Este sector de la población va en continuo aumento debido al mundo globalizado en el que vivimos, en el que las personas viajan constantemente ya sea por trabajo o por placer, y donde la mayoría de las parejas son ambos los que trabajan fuera de casa.

En conclusión, se trata de un mercado que mueve grandes cifras tanto en número de mascotas como en dinero, que va en aumento y que cada vez se busca más la estabilidad y salud de la mascota.

1.2 Fabricación aditiva

Los procesos de fabricación aditiva (additive manufacturing, AM) se diferencian de los procesos convencionales sustractivos y de conformado en que no necesitan de utillajes, ni tienen factores que puedan limitar su diseño como son los ángulos de desmoldeo o la colocación de las mazarotas por ejemplo. La pieza se fabrica directamente del modelo 3D creado con el software de diseño CAD.

No es una tecnología la aditiva sustituta de los procesos convencionales anteriormente nombrados, ya que los procesos aditivos no son útiles para altos volúmenes de producción, pero sí se pueden utilizar en algunos procesos, focalizando el uso de la fabricación aditiva en determinadas piezas, por lo general aquellas que no sean demasiado grandes pero que tengan un diseño complejo.

Es debido a que en AM la pieza se crea capa a capa, el hecho de tener una pieza más compleja no hace que la etapa de fabricación sea más difícil, sólo hace más tediosa la parte del diseño en ordenador. Además, por lo general se consume menos tiempo y material en piezas complicadas.

Los comienzos de la fabricación aditiva (AM) se remontan a mediados de la década de 1980 con el fin de fabricar prototipos de manera rápida (Rapid Prototyping, RP). En el año 1987 surge el primer proceso de AM denominado estereolitografía (SL), propiedad de la empresa estadounidense 3D Systems, que consistía en la solidificación de capas de una resina fotosensible utilizando un láser. Cuatro años más tarde, en 1991, aparecen otras tecnologías como son el modelado por deposición de fundido (Fused Deposition Modeling, FDM) de la mano de Stratasys; en la que se extruye un plástico fundido, curado en base sólida (Solid Ground Curing, SGC), y fabricación de objetos laminados (Laminated Object Manufacturing, LOM). Un año después, se conoce el sinterizado selectivo por láser (Selective Laser Sintering, SLS), con muchas aplicaciones actualmente en la industria aeronáutica trabajando principalmente con titanios, aceros y aleaciones de aluminio.



Figura 1-1. Chuck W. Hull fue el inventor de la estereolitografía en el año 1987.

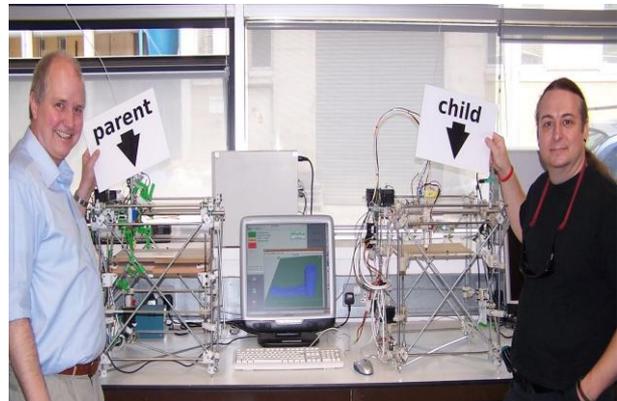


Figura 1-2. Adrian Bowyer (izquierda) y Vik Olliver (derecha), miembros del proyecto RepRap.

A partir de este punto hasta la fecha, se genera un desarrollo continuo de nuevas tecnologías y mejoras de las ya existentes. También cada vez se consigue ampliar el rango de utilización en cuanto a volumen de producción. Es a partir del año 2005 con la aparición de las conocidas máquinas RepRap, autoreplicables, cuando comienza a extenderse el uso de esta tecnología al resto de consumidores no profesionales para uso particular, siendo el año 2009 cuando aparecen máquinas más asequibles y, por tanto, aumenta el número de personas que utilizan esta tecnología.

De cara a los próximos años, se prevé que las tecnologías aditivas jueguen un papel importante en la industria aeronáutica.

1.2.1 Ventajas

La tecnología AM ofrece una serie de ventajas:

- Rapidez: del modelo 3D directo a la impresora, sin necesidad de fabricar utillajes específicos.
- La complejidad de la pieza prácticamente no tiene efecto negativo sobre el tiempo de fabricación ni el precio.
- Uso de una variedad de materiales como el plástico, el metal, la cerámica, materiales compuestos, o el papel. Además, ofrece la posibilidad de obtener una pieza multimaterial, es decir, fabricada combinando varios materiales distintos.
- Adecuada para bajos volúmenes de producción.
- Mayor ergonomía, utilizando escaneados 3D.
- Realización de moldes y matricería.
- Disminución del tiempo que tarda el producto desde que se concibe hasta que sale al mercado.

No obstante, presenta también algunos impedimentos como son el volumen de la pieza, la precisión, el acabado superficial, la fabricación de grandes volúmenes de producción, las propiedades de los materiales una vez constituyen una pieza final, y el elevado coste de los materiales utilizados en fabricación aditiva.

1.2.2 Etapas del proceso

Se comienza con el diseño tridimensional en algún software de diseño, para el desarrollo de este trabajo se ha empleado el programa Solid Edge con licencia académica de la ETSI de la Universidad de Sevilla. De aquí se obtiene un modelo CAD que se guarda con la extensión .stl (figura 1-3) para posteriormente, empleando el software CURA o similar, elegir la posición de la pieza dentro del volumen de trabajo de la máquina a emplear, los parámetros de la máquina tales como velocidad, espesor de capa, temperatura, etc. (Figura 1-4). Es necesario pasar por este programa intermedio porque hace falta decirle a la máquina de AM qué movimientos tiene que hacer, es decir, con esto se convierte el archivo .stl en un archivo .gcode que contiene líneas de lenguaje de programación de CNC. Paralelamente a esto, es necesario la puesta a punto de la máquina.

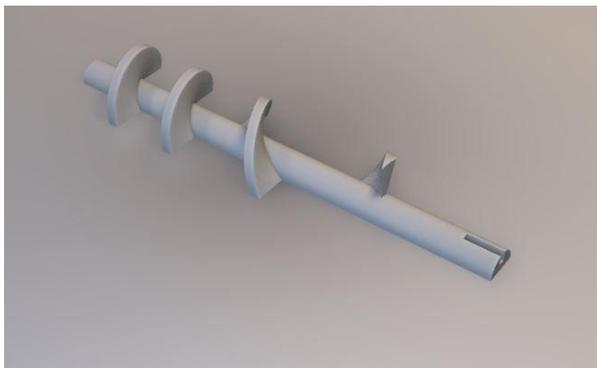


Figura 1-3. Imagen obtenida del archivo .stl de la sección superior de un tornillo sin fin (imagen propia de este trabajo).

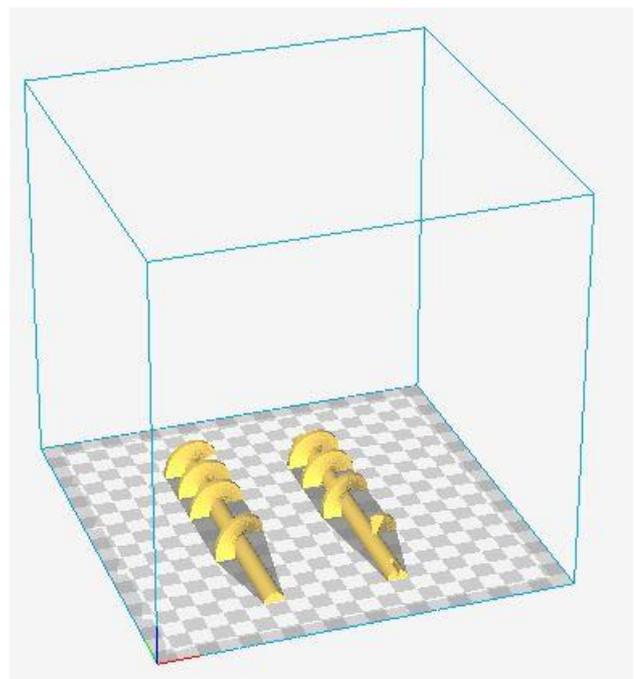


Figura 1-4. Imagen recortada del software CURA de dos piezas dispuestas virtualmente en la mesa de la impresora (imagen propia de este trabajo).

Seguidamente se pasa a la fase de fabricación, en la cual la máquina comienza a ejecutar las líneas de código del archivo seleccionado. Capa a capa crea la pieza final, aunque no terminada en el caso de que sea necesario la construcción de soportes, un acabado superficial determinado u otras operaciones de tipo térmicas con el fin de obtener ciertas propiedades en la pieza terminada.

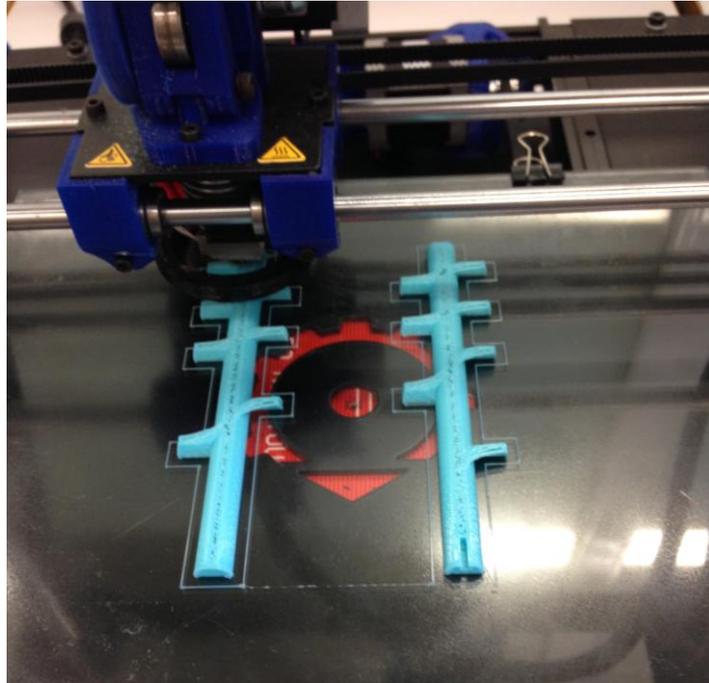


Figura 1-5. Impresora en fase de fabricación del tornillo sin fin mostrado en las figuras anteriores (imagen propia de este trabajo).

Es en la etapa final, una vez la máquina termina de operar, cuando se retira la pieza y se le realizan las operaciones necesarias antes citadas para conseguir un objeto fiel al modelo CAD del que se parte.

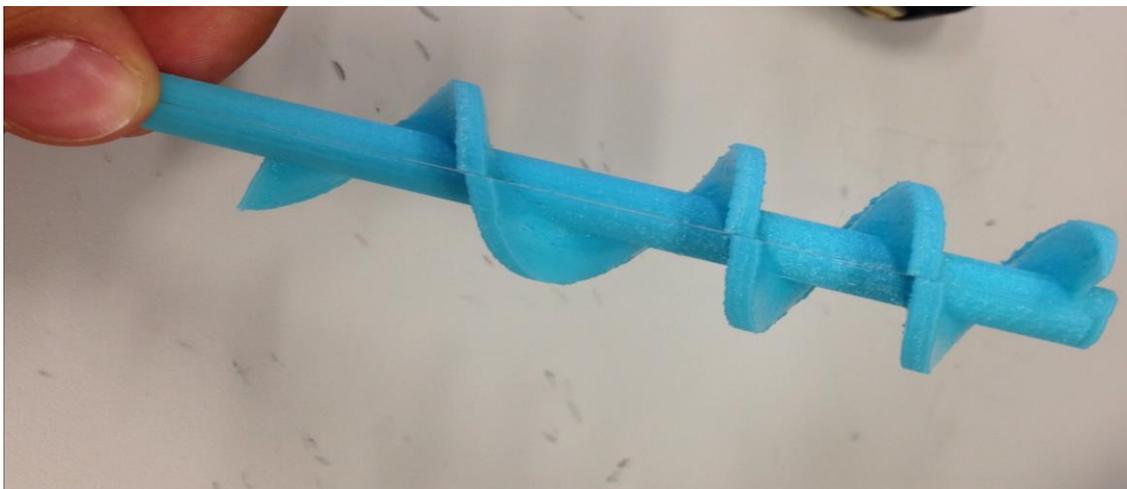


Figura 1-6. Tornillo sin fin ensamblado (figura propia del trabajo).

1.2.3 FDM

Como se ha comentado anteriormente existen en la actualidad multitud de métodos de fabricación aditiva, pudiéndolos clasificar de tal modo que se tienen en cuenta tanto la forma de aporte de material como el método de aporte de energía. A continuación, se muestra una tabla resumen de dicha clasificación que es de gran ayuda a la hora de identificar un proceso. (Figura 1-6).

		Aporte de material		
		Punto	Línea	Lecho
Aporte de energía	0D (punto)	Laser Cladding, FDM	-	SLA, SLS, EBM,DMLS, (SLM, Laser Cusing)
	1D (línea)	-	Polyjet	3DP, MLS
	2D (capa entera)	-	-	DLP, SMS

Figura 1-7. Clasificación AM.

En este documento se centra la atención en el modelado por deposición de fundido (FDM). Este método consiste en fundir un filamento de termoplástico (para la realización de las piezas de este trabajo se ha usado PLA) haciéndolo pasar por un inyector calefactable. De esta manera el material fundido se deposita sobre la base de cristal donde capa a capa se va a formar la pieza completa, y solidifica debido a la diferencia de temperatura con respecto a la temperatura ambiente. El extrusor se mueve en los ejes X y Z, mientras que la tabla se mueve en el eje Y. Una característica señalable es la posibilidad de utilizar distintos tipos de plásticos (PLA, ABS, etc.) y colores. Además, ofrece la posibilidad también de incorporar dos cabezales cada uno con materiales distintos, con el fin de hacer más cómoda la tarea de retirar soportes de la pieza que hayan sido necesarios para su fabricación.

Es un método accesible debido a que los precios de las máquinas han bajado en los últimos años considerablemente, pero es un método lento y la calidad superficial no es tan buena como la obtenida con otros métodos. Sin embargo, para el propósito de este proyecto es suficiente la calidad que obtenemos con este proceso.

1.2.4 Aplicaciones de la fabricación aditiva

Al principio las aplicaciones estaban muy limitadas debido a las limitaciones en cuanto a la variedad de materiales disponibles para su uso y las propiedades mecánicas de éstos. Sin embargo, con los avances logrados en nuevas tecnologías y materiales, se ha conseguido ampliar el abanico de posibilidades en las que aplicar AM. Se encuentra implantada ya en industrias como la aeroespacial (uso de metales como el titanio, aluminio, níquel, acero inoxidable y cobalto cromo. Empleo de la optimización topológica para reducir peso (Figura 1-7)), la automotriz, el sector industrial, en la arquitectura (maquetas, etc.), medicina (prótesis, implantología dental), investigación, y consumo general tales como equipamiento deportivo personalizado, joyas o esculturas.



Figura 1-8. Soporte del ala de un Airbus A350 XWB.



Figura 1-9. Oreja biónica impresa.

Todas estas aplicaciones anteriormente mencionadas pueden englobarse dentro de tres grupos. Por un lado, lo que se conoce como Prototipado Rápido (RP). Consiste en aplicar tecnología AM en la fase de diseño de un producto, pudiendo obtener un prototipo rápidamente sin necesidad de fabricar herramientas por lo que presenta una ventaja económica para bajas cantidades. Con esto se obtiene un producto final de más calidad, ya que es posible rediseñar varias veces, identificar problemas futuros en la fabricación antes de empezar a producir en masa, probar el ajuste con otras piezas de un conjunto, incluso hacer pruebas funcionales de la pieza; para este caso se necesitan de materiales y propiedades específicas que sólo algunos procesos pueden aportar. En esta categoría se clasifica el uso de esta tecnología en este trabajo.



Figura 1-10. Prototipado Rápido de una caja de cambios.

El siguiente grupo conocido como Rapid Tooling (RT) engloba la fabricación de moldes, matrices y herramientas. Con la ventaja que ya se ha comentado de producir más rápido y la facilidad para producir piezas complejas, además, evita elevados costes iniciales y reduce los tiempos de espera. Sólo está enfocado de momento para bajas y medias producciones debido a la durabilidad.

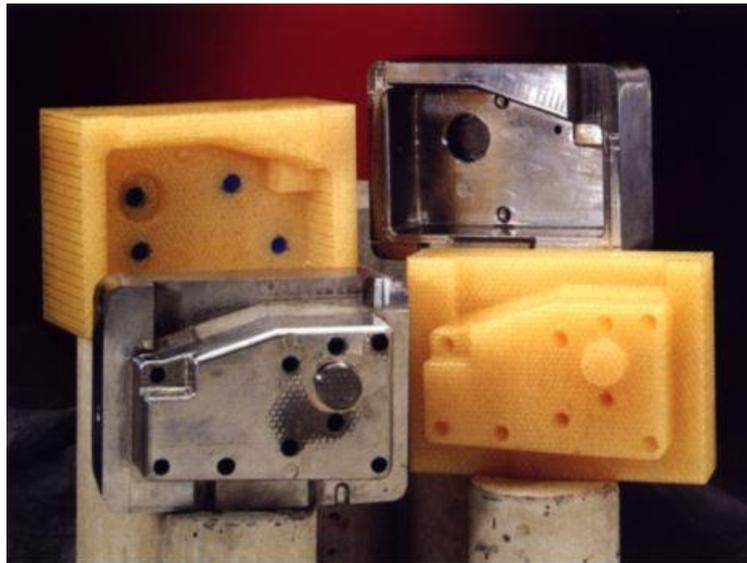


Figura 1-11. Fabricación rápida de herramienta para una cubierta de motor de limpiaparabrisas trasero de un vehículo.

Por último, la Fabricación Rápida o Rapid Manufacturing (RM) en la que se fabrican productos terminados, de gran complejidad, de tamaño más bien pequeño y empleando como materiales algunos plásticos, metales, composites y cerámicos. Volúmenes de producción de 10000 a 150000 unidades.



Figura 1-12. Piezas en titanio fabricadas en masa.

Las fuentes consultadas para el desarrollo de este capítulo han sido [19], [3], [7] [2] y [20].

1.3 Objetivo del proyecto

El foco de este documento se centra en dar una solución al almacenamiento y dispensación de comida húmeda para perros y gatos, limitándose al diseño y posterior fabricación de un prototipo mediante el empleo de impresoras de tecnologías aditivas, de tal forma que permita su automatización para integrarlo en un conjunto programable más complejo, quedando ésta última parte fuera del alcance de este proyecto.

La conservación de la calidad del producto es algo fundamental para validar el diseño, esto será objeto de

análisis en el apartado 5 de este texto, *Experimentación*.

Lo novedoso de esto es que permitiría la alimentación mixta, es decir, incorporar a los comunes dispensadores automáticos programables para mascotas, hasta la fecha exclusivamente de pienso seco, comida húmeda conservando todas sus propiedades.

Esto haría más cómoda y limpia la tarea de alimentar a las mascotas con alimento húmedo, mantendría una dieta regular y equilibrada para el animal, y además favorecería la correcta alimentación para animales que por algún motivo no puedan comer alimento seco.

La continuación natural a este trabajo es completar el diseño del resto de la 'estación', para hacerla programable y que funcione de manera automática.

2 CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

Antes de comenzar a pensar en una solución se tienen que analizar cuáles son las características generales que tiene que tener el diseño para que cumpla su función. De esta manera se definen las necesidades y se acotan las posibilidades, además se establecen unos parámetros que serán de utilidad a la hora de decantarse por una u otra posibilidad.

2.1. Requisitos del diseño

Uno de los puntos más importantes a cubrir es el de la conservación del alimento para evitar por un lado que se reseque la comida y por el otro los malos olores característicos que desprenden una vez son puestos en contacto con el aire por tiempo prolongado. Para conseguirlo habrá que conseguir que bien se conserve en la lata hasta el momento justo en el que se dispensa la ración, o bien que se almacene en un depósito que esté expuesto al aire por un área lo más pequeña posible.

Por otro lado, se quiere conseguir que el diseño sea sencillo, con un mecanismo lo más simple posible con el objetivo de evitar averías complicadas y por supuesto asegurar el funcionamiento continuo del sistema para que el animal no se quede sin comer. Esto implica que habrá que pasar por un proceso iterativo en el que se desechen los diseños más complejos y se llegue a la opción óptima. Esto también abaratará el coste de fabricación, ya que tendrá menos componentes mecánicos y motores.

Otro de los aspectos importantes en el diseño de este dispensador es la facilidad de ser limpiado, es decir, se tiene que desmontar con facilidad prácticamente por completo, con herramientas sencillas y comunes, para así poder garantizar unas condiciones de higiene mínimas y evitar malos olores en el hogar.

También el espacio es un punto clave, ha de buscarse una solución con un volumen reducido ya que en la actualidad el espacio en las viviendas es un bien escaso y caro, por lo tanto, si se ofrece un producto muy voluminoso no tendrá buena aceptación por parte de los consumidores, sin embargo, si su tamaño es reducido se podrá instalar en cualquier rincón libre del hogar y será una ventaja frente a posibles competidores.

No hay que olvidar que el dispensador va a estar al alcance del animal, el cual puede golpearlo, abalanzarse sobre él e incluso morderlo. Por eso se tiene que pensar en algo estable frente a los golpes y evitar colocar elementos del sistema que puedan ser arrancados con un golpe o mordisco.

2.2. Dimensionado

En un primer momento se llevó acabo un diseño que se detalla más adelante el cual estaba pensado para dispensar comida durante 10 días, lo cual lo hacía excesivamente voluminoso, y, teniendo en cuenta los requisitos anteriores, se cambió de diseño además de disminuir la cantidad almacenada.

Para calcular el volumen de los depósitos, aunque de manera aproximada, se ha calculado el volumen de forma experimental de un recipiente de comida húmeda de gatos de 100 g (Figura 2-1) para hallar la densidad del alimento.



Figura 2-1. Envase de cuatro bolsas de comida húmeda de 100 g cada una.

Se rellena de agua la bolsa una vez se ha vaciado su contenido, y posteriormente se vierte el agua en un recipiente medidor. El volumen de agua que se mide es de 110 ml, por consiguiente, la densidad es aproximadamente un 10% menos que la del agua. Es decir, se necesita un volumen 1.1 veces mayor que la masa que se quiera almacenar.

3 DISEÑO

Hacer una primera búsqueda por internet para recoger ideas fue el primer paso. De esta manera se pueden alcanzar soluciones válidas empleando sistemas o mecanismos ya existentes en otras aplicaciones. En este caso, mecanismos dispensadores de latas, abrelatas, pistola de silicona, o una picadora de carne fueron algunas de las búsquedas más influyentes.

3.1 Diseños previos

En un primer momento se contempla la opción de apilar latas de comida húmeda para almacenar el alimento en unas condiciones ideales, descartando el formato en bolsas porque se piensa que puede ser más sencillo manejar latas por su contorno uniforme e idéntico entre unas y otras. No obstante, más adelante se comenta esta opción. Para llevar esto a cabo se plantean cuatro pasos que habrá que estudiar y resolver. El primero de ellos es la forma de apilar las latas, bien en vertical apoyándose de canto unas sobre otras, bien apoyando la base de una sobre la tapa de la anterior, bien en horizontal, etc. Existen muchas posibilidades, algunos sistemas ya existentes como el que se muestra a continuación (Figura 3-1) son los más habituales y sencillos, ya que las latas caen por efecto de la gravedad.

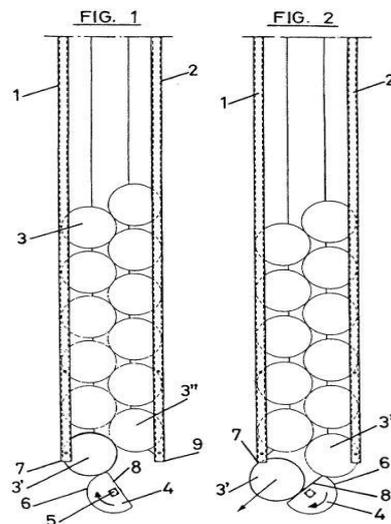


Figura 3-1. Mecanismo de extracción para máquinas expendedoras automáticas.

En este modelo en concreto la lata cae cuando la pieza situada en la parte inferior con forma semicircular gira 180° sobre sí misma, siendo necesario un motor que accione dicho giro. Otra opción es almacenarlas de canto en vertical, con una pestaña abajo del todo abatible y otra justo después de la primera lata. De esta forma habría que abatir primero la pestaña situada aguas abajo para dejar caer una lata, y una vez de vuelta a su posición inicial, abatir la segunda para que las latas restantes recorran una posición.

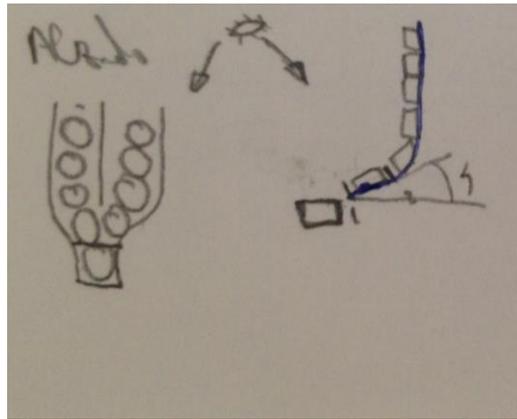


Figura 3-2. Boceto sistema de almacenaje.

El segundo paso es la apertura de la lata, que presenta por un lado el problema del posible desprendimiento de viruta en el alimento, lo cual es algo que no sería admisible, y por otro lado retirar la tapadera una vez cortada del envase original es otra complicación. Más abajo se muestra una ilustración hecha a mano que pretendía dar una solución a lo comentado anteriormente. Consiste básicamente en hacer girar 360° la base sobre la que se apoya la lata cuando una cuchilla ha penetrado la tapadera bajando desde la parte superior, abriendo por completo la lata.

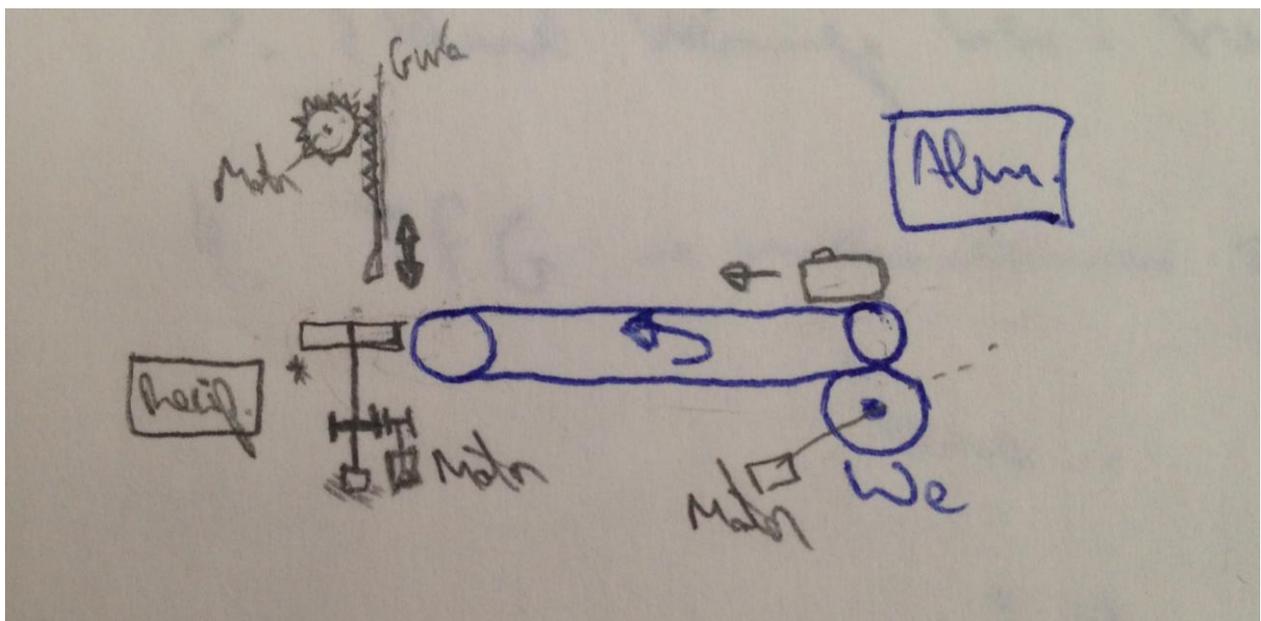


Figura 3-3. Boceto ilustrativo que abarca desde la salida del almacenaje hasta la apertura de la lata. Se emplea una cinta transportadora para desplazar la lata.

La tercera etapa en este diseño es dar con un mecanismo válido que sea capaz de depositar el contenido total de la lata en un recipiente o comedero. Algo que puede parecer sencillo necesitaría de algún sistema capaz de hacer vibrar a la lata para despegar por completo la comida de las paredes de la lata contenedora. La solución planteada era agarrar la lata con unas pinzas flexibles (Figura 3-4), y hacer que éstas se abatan 180° para poner la lata boca abajo (Figura 3-5). Con un motor excéntrico se lograría la vibración requerida.



Figura 3-4. Pinzas para sujetar la lata.

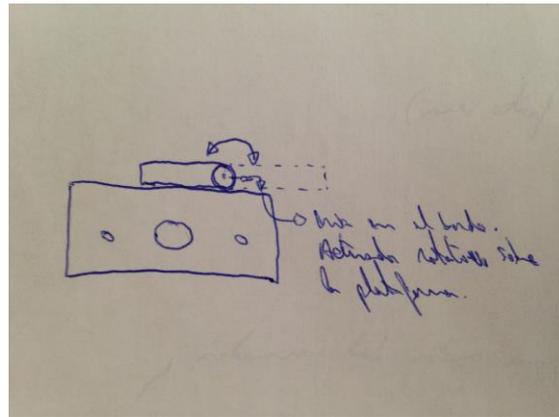


Figura 3-5. Vista de perfil de las pinzas de la figura anterior.

Por último, hay que deshacerse del envase vacío, para lo cual se propone un sistema con resortes que al accionarse empuje al envase hacia la parte posterior donde caería en un recipiente contenedor para almacenar los desechos.

En cuanto al formato en bolsas, se piensa en un Sistema que almacene las bolsas en horizontal, una detrás de otra, poniéndolas de pie sujetadas por unos raíles a medida. Dichos raíles irían acoplados a un mecanismo con dos cadenas y cuatro engranajes, que harían avanzar las posiciones de las bolsas. Para recoger la bolsa que esté situada en la primera posición se utilizarían unas pinzas que la sujetara y desplazara hacia adelante. Una vez en la nueva posición, una cuchilla cortaría por arriba la bolsa permitiendo de esta manera verter el contenido de la bolsa al voltearla.

No se profundiza en el detalle de estos diseños puesto que se está incumpliendo uno de los requisitos del diseño, que es la sencillez del mecanismo en general. Dichos diseños implican una complejidad excesiva, hace necesarios varios motores, mecanismos, movimientos, etc., lo que se traduce en un producto final muy posiblemente caro, complejo de montar y susceptible de sufrir averías. Por este motivo, y pese a que tiene la ventaja de almacenar el alimento en buenas condiciones, se abandona la idea propuesta hasta ahora para buscar una solución que se ajuste más a las exigencias impuestas.

Con este cambio de rumbo, surge la opción de almacenar el contenido de las latas o bolsas en una bolsa grande de plástico (parecido a las que se usan para congelar alimentos) que tenga cerradura hermética en la parte superior y una boca en la parte inferior. Dicha boca estaría compuesta por dos partes, una unida a la bolsa y otra un tapón con rosca, de esta manera se puede retirar el tapón una vez que la bolsa esté llena y se le haya hecho el vacío. Para hacer el vacío puede usarse un barreño con agua; se introduce la bolsa con el tapón roscado y el cierre superior abierto, y poco a poco a medida que se sumerge la bolsa en el agua se cierra herméticamente. Esta bolsa iría encajada en el interior de un depósito con disposición vertical y un hueco en la parte inferior del tamaño de la boca de la bolsa. Así, un pistón sería el encargado de presionar la bolsa haciendo salir el alimento por la parte inferior cayendo en un recipiente. Esta idea es sencilla en cuanto al mecanismo empleado pero sin embargo no es adoptada como solución debido a que se piensa que cuando el pistón empuje a la bolsa ésta pueda doblarse y dificultar así la salida de todo el contenido de su interior, por lo que no se puede garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Llegados a este punto, habiéndose descartado la opción de almacenar directamente los envases, y también almacenar la comida en una bolsa, nos dirigimos hacia una solución en la que el alimento esté almacenado en un recipiente rígido, y con ayuda de un motor sea expulsado. Es entonces cuando se piensa en el funcionamiento de una pistola de silicona (Figura 3-4), es justo lo que se necesita, sólo que habría que automatizar su funcionamiento para que cumpla con los objetivos del proyecto y las necesidades que se quieren cubrir. Este diseño se va a tratar en profundidad en el siguiente apartado “Modelo 1”.



Figura 3-6. Pistola de silicona.

3.2 Modelo 1

Se denomina modelo 1 al primer modelo con posibilidades de ser utilizado por cumplir con los requisitos marcados a priori. Es el basado en la pistola de silicona como se ha mencionado anteriormente, en el que en lugar de silicona se expulsaría comida húmeda. Para su diseño han sido de gran utilidad, ya que se han tomado como base, una serie de vídeos de youtube [21] en los que se explica el montaje y funcionamiento de una pistola de silicona casera eléctrica.



Figura 3-7. Parte delantera de una pistola de silicona actuada eléctricamente.



Figura 3-8. Parte central de una pistola de silicona actuada eléctricamente.



Figura 3-9. Motor de una pistola de silicona actuada eléctricamente.

Esta idea llevada al papel como un primer acercamiento a lo que se quiere diseñar es lo representado en la figura 3-10. A la izquierda la vista en planta y a la derecha la vista en alzado.

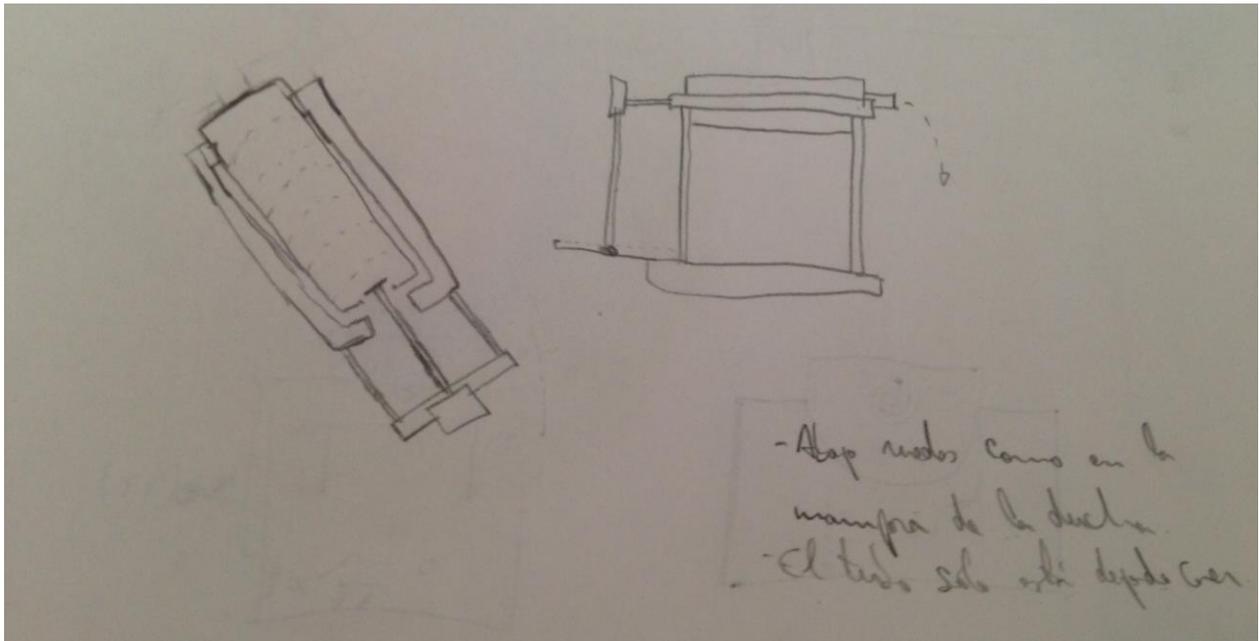


Figura 3-10. Boceto prácticamente idéntico al comentado de youtube pero fijación a una base.

Para llevar a cabo este desarrollo se han ido diseñando los componentes de este artefacto primero por separado en bocetos a mano, haciendo cálculos de distancias, dimensiones, etc., y posteriormente se han diseñado y ensamblado por ordenador con la ayuda de un software, en este caso, Solid Edge. Por ejemplo, para el dimensionamiento del tubo contenedor se ha calculado un volumen que sea capaz de albergar comida suficiente para diez días, siendo el diámetro 7 cm y la longitud 29 cm.

Lo segundo que se hizo fue elegir el motor que se iba a utilizar. Se seleccionó uno con caja reductora como el usado en los asadores de pollos, ya que tiene bajas revoluciones, es económico, y compacto. A continuación, se muestran unas imágenes de dicho motor encontrado en la página web de venta online Alibaba [22].



Figura 3-11. Detalle motor: agujeros sujeción.



Figura 3-12. Detalle motor:

Se alimenta con 12 V y gira en un rango de 3 a 38 rpm, se estima por el orden de magnitud y experiencia previa que será suficiente el par proporcionado por el motor, que puede llegar a ser de hasta 10 kg.cm. según el fabricante, para la aplicación que se trata. El eje de salida es de 6 mm de diámetro. Para su modelado se emplea el plano con las medidas proporcionado por el fabricante (Figura 3-13.).

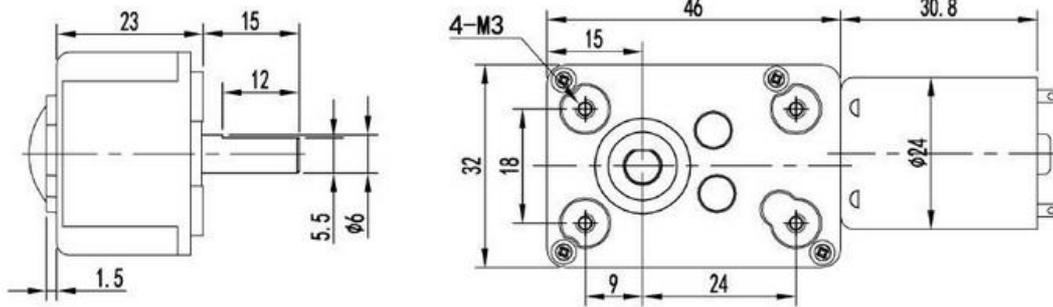


Figura 3-13. Plano de medidas del motor.

Una vez sabemos las dimensiones generales del tubo contenedor y del motor, se comienzan a esbozar el resto de componentes con unas medidas acorde a estos dos elementos. Se comienza un proceso iterativo en el que las medidas asignadas en un primer momento a ciertas piezas más tarde es necesario rectificarlas cuando en la etapa del ensamblaje se ve que chocan unas con otras, o que es necesario incluir piezas que a priori sobre el papel no se habían pensado.

A continuación, se muestran una serie de imágenes tomadas del cuaderno sobre el que se hicieron los bocetos, anotaciones personales, medidas, y todo lo necesario para su posterior diseño CAD.

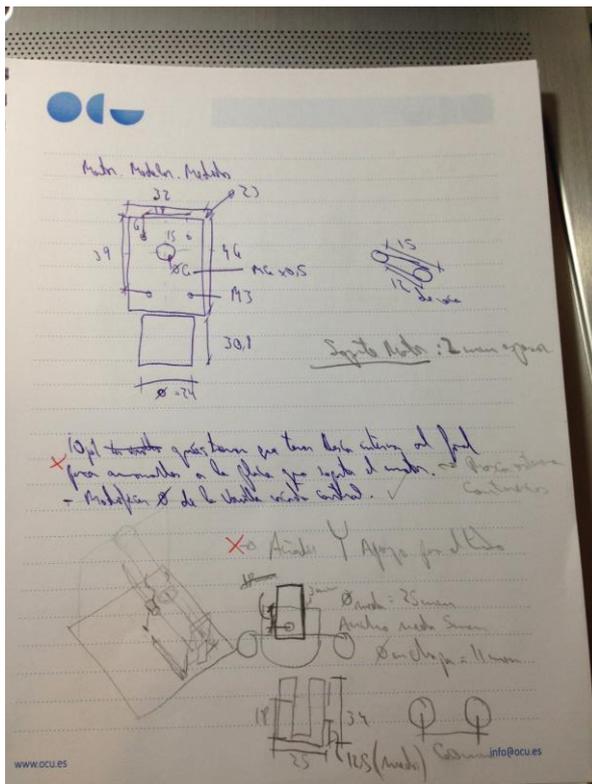


Figura 3-14. Boceto de motor con caja de engranajes, perspectiva del sistema completo abajo a la izquierda y sistema de ruedas abajo a la derecha.

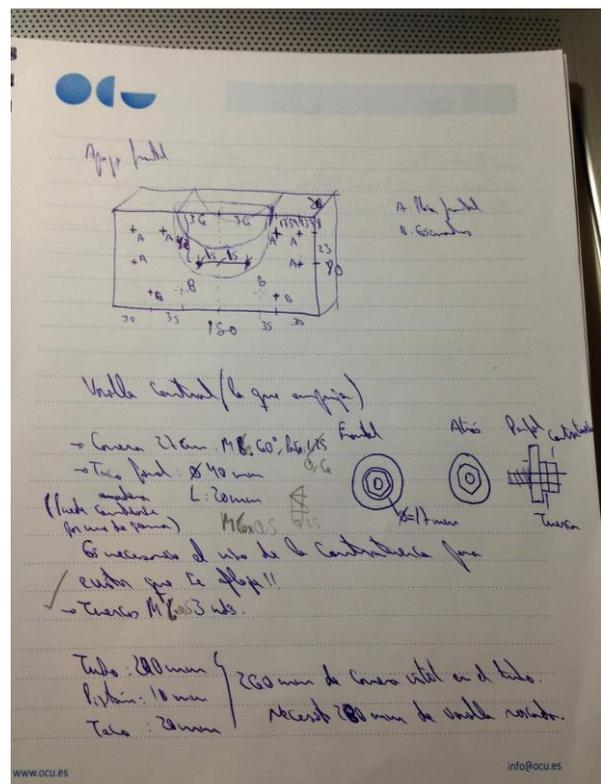


Figura 3-15. Soporte del tubo contenedor en la parte superior, medidas y anotaciones sobre la varilla central, tuercas, y otros elementos.

Lo que se hace es apoyar el tubo contenedor sobre una placa frontal que por un lado evita que se caiga al suelo y por el otro evita que se desplace hacia adelante cuando la comida sea empujada por el pistón. Dicha placa estará compuesta por una superficie de apoyo fija y otra desmontable fácilmente con tornillos de ¼ de vuelta

para poder retirar el tubo de su posición. Esto es necesario para las tareas de limpieza y de relleno de alimento. Estos detalles se verán más adelante en las figuras del archivo CAD.

Por otro lado, el motor va atornillado a una placa y a su vez ésta va sujeta a unas ruedas como las mostradas en la figura 3-16 (utilizadas en mamparas de ducha) que le permiten desplazarse por unos raíles. Esto se comprende cuando se explica el funcionamiento: consiste en situar una tuerca fija entre el motor y el depósito, así, al accionar el motor la varilla de salida comenzará a girar y ésta, al pasar por la tuerca fija mencionada antes, hace que el motor se desplace hacia adelante (o hacia atrás si el motor gira en sentido contrario). Colocando al final de la varilla un tope hace que empuje a la comida hacia la salida frontal, abriendo una trampilla por la presión ejercida y cayendo al comedero.



Figura 3-16. Sistema de ruedas que se ha modelado en CAD.

Otras imágenes del cuaderno de notas donde se estudia la disposición del soporte con ruedas visto en la figura anterior.

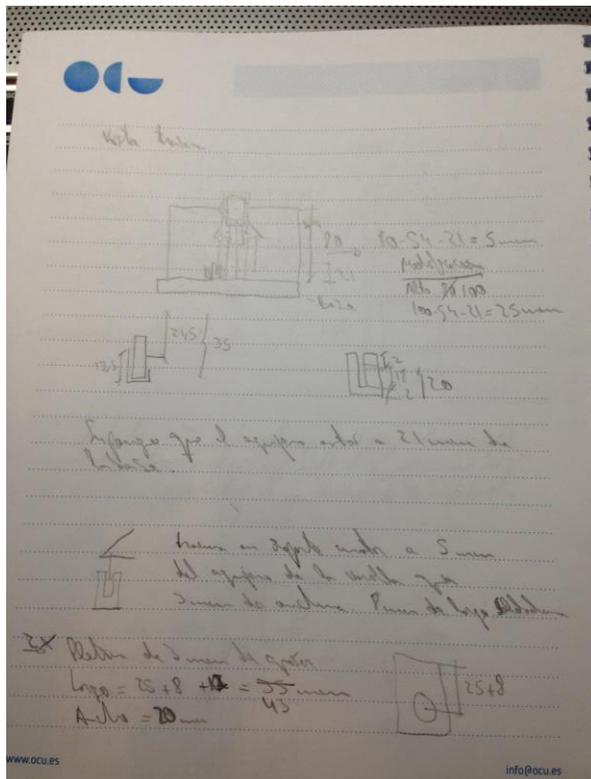


Figura 3-17. Cálculos del soporte motor.

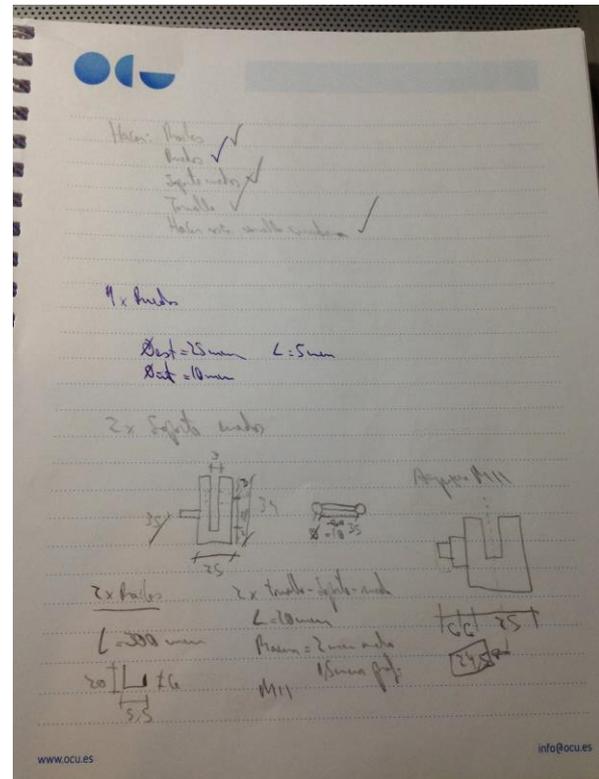


Figura 3-18. Ruedas.

A continuación, el detalle de la trampilla frontal con retorno por la acción de un muelle en la figura 3-19 y la vista en planta de la distribución de los elementos en la base en la figura 3-20.

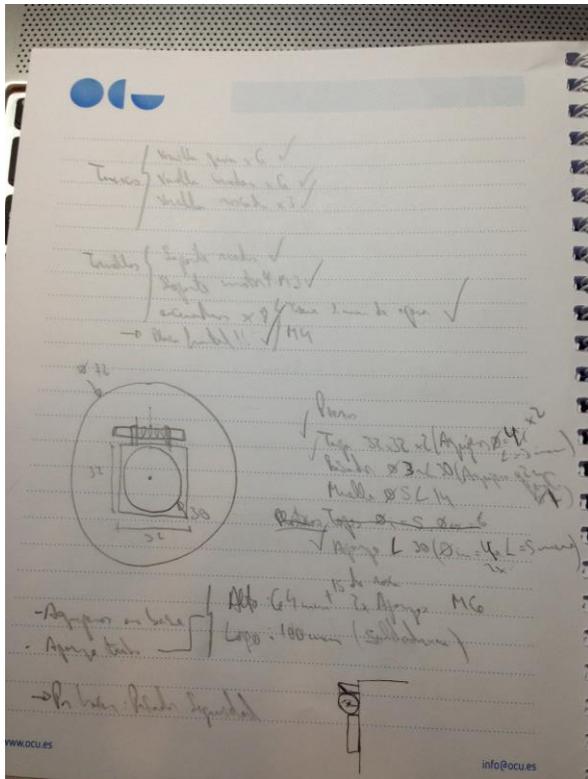


Figura 3-19. Trampilla frontal.

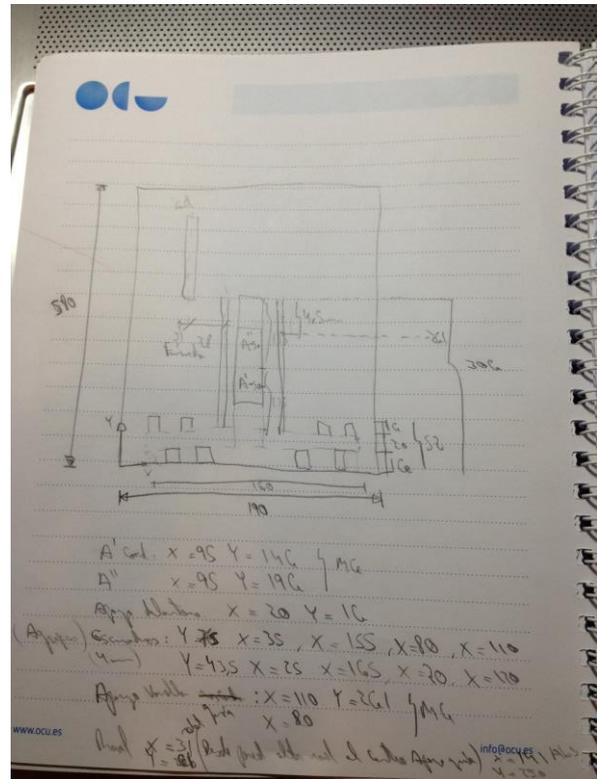


Figura 3-20. Vista en planta de la distribución de todos los componentes.

Por último, el diseño de la placa fija intermedia que alberga la rosca a través de la cual se traslada la varilla roscada que sale de la caja de engranajes del motor (Figura 2-21).

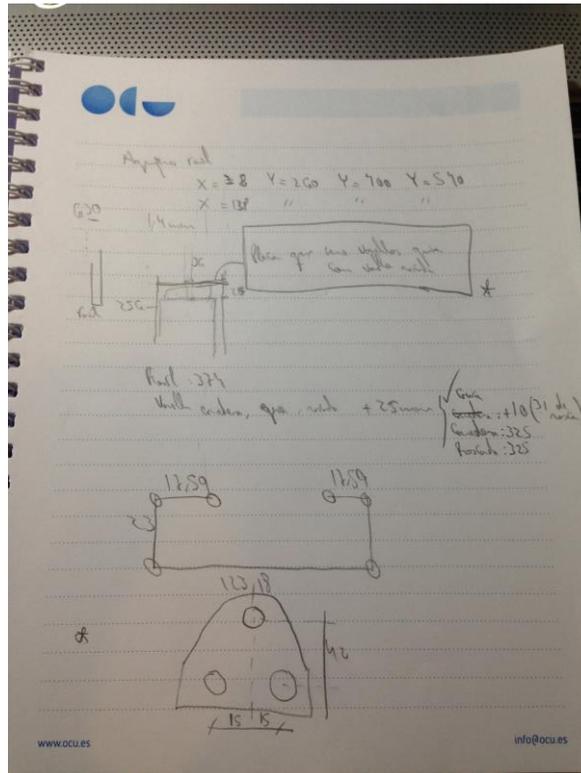


Figura 3-21. Placa fija con rosca.

Después de terminar con este proceso previo se hace el diseño en 3D usando el programa Solid Edge como se dijo antes, creando las piezas por separado para luego construir virtualmente el conjunto como se muestra en las siguientes figuras. Primero se muestra la vista en planta, donde se puede observar como el motor se desplaza sobre los raíles y la placa intermedia queda fija. Para hacer esto posible, las varillas unidas a la placa que sujeta al motor corren por el interior de unas guías fijadas al apoyo frontal, de esta manera se consigue la estabilidad y la continuidad del desplazamiento. Nótese también que se han utilizado contratuercas para fijar las guías al apoyo frontal, para la placa intermedia, y para fijar las varillas a la placa que sujeta al motor. Así se evita que se aflojen las tuercas. Para fijar el apoyo frontal se han utilizado unas escuadras.

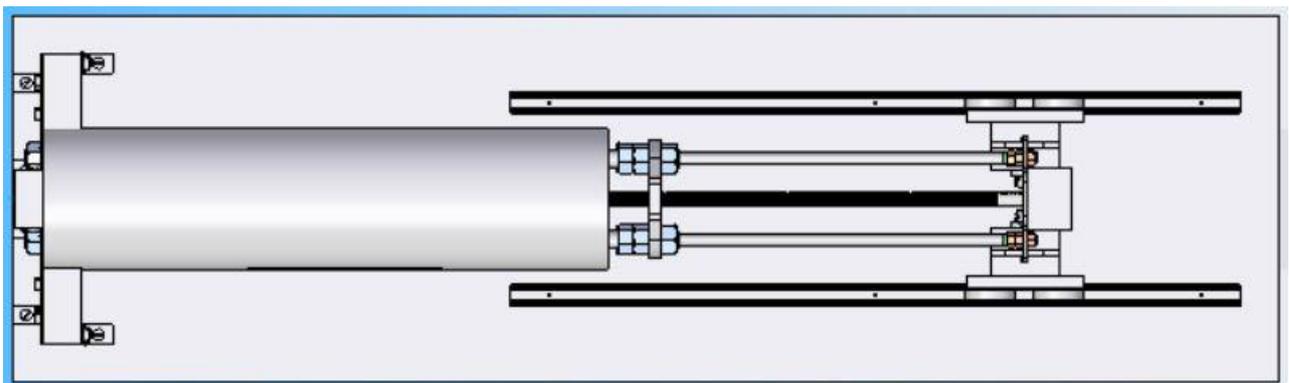


Figura 3-22. Vista en planta del conjunto. Posición del motor ligeramente avanzada.

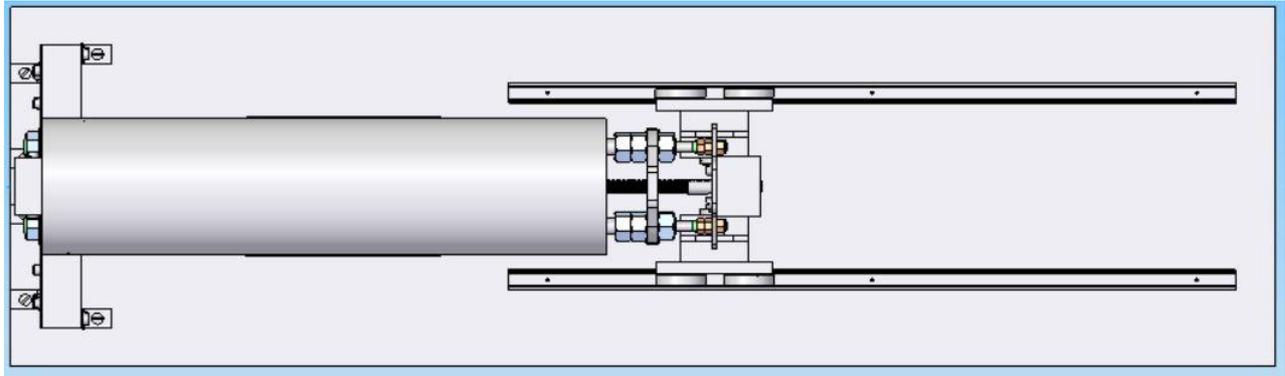


Figura 3-23. Vista en planta del conjunto. Motor en posición final.

En siguiente vista de perfil se ve de izquierda a derecha: el apoyo frontal, el tubo contenedor, el soporte del tubo contenedor, la varilla roscada que entra en el tubo, la pieza intermedia donde rosca la varilla mencionada, la caja de engranajes y motor, la base con ruedas del motor, y abajo se pueden observar los raíles y la base. La base tiene unas dimensiones de 65 cm de largo, y la altura total ronda los 16 cm, algo bastante voluminoso.

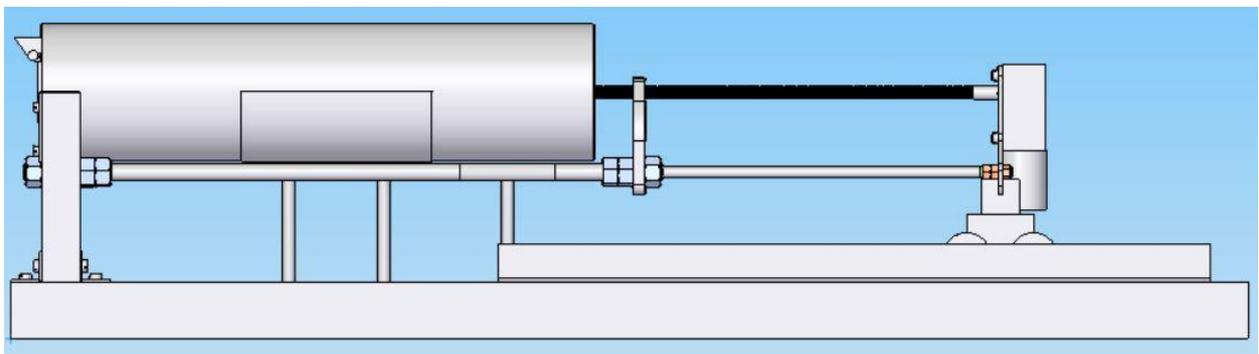


Figura 3-24. Vista de perfil del conjunto.

Ahora se muestran unas vistas en perspectiva para ver en detalle el diseño y comprender su funcionamiento mejor. Se puede ver en la siguiente figura como la placa frontal que evita que el tubo se desplace va atornillada, como se comentaba anteriormente, para facilitar su retirada.

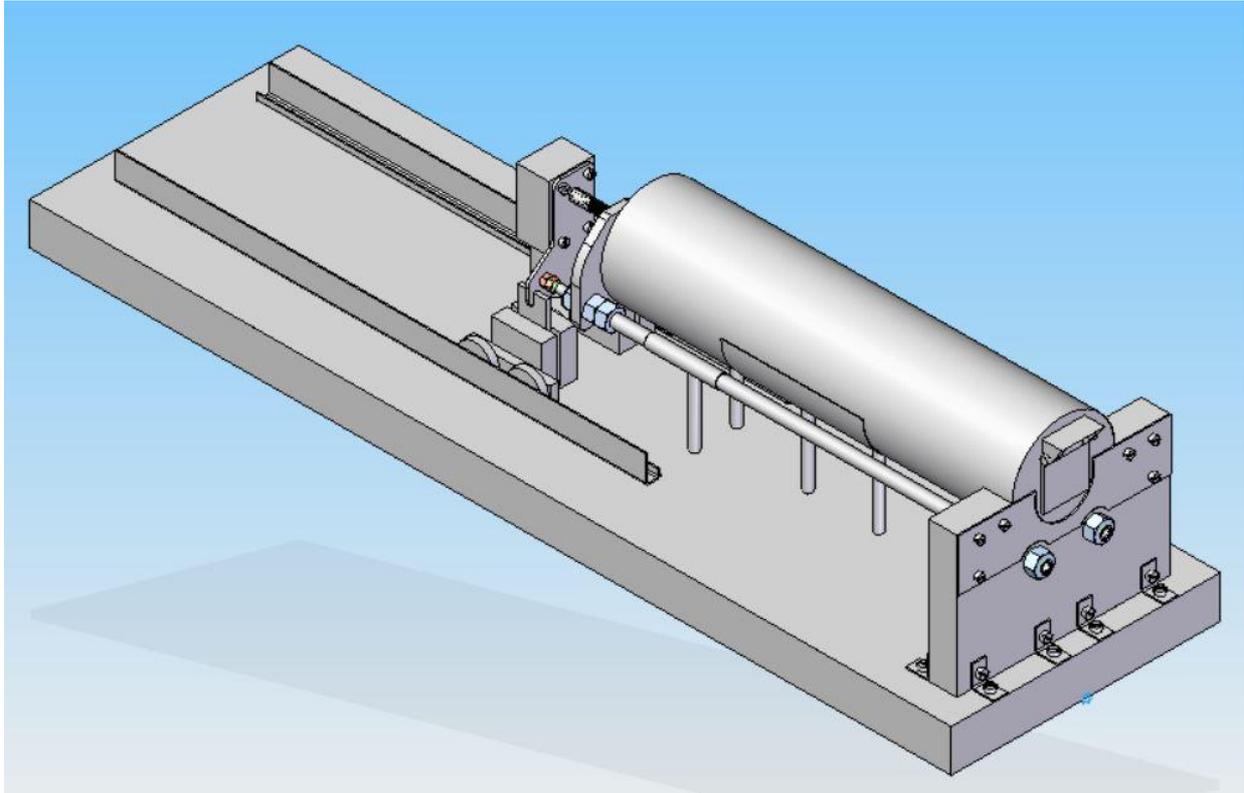


Figura 3-25. Perspectiva del conjunto: vista delantera.

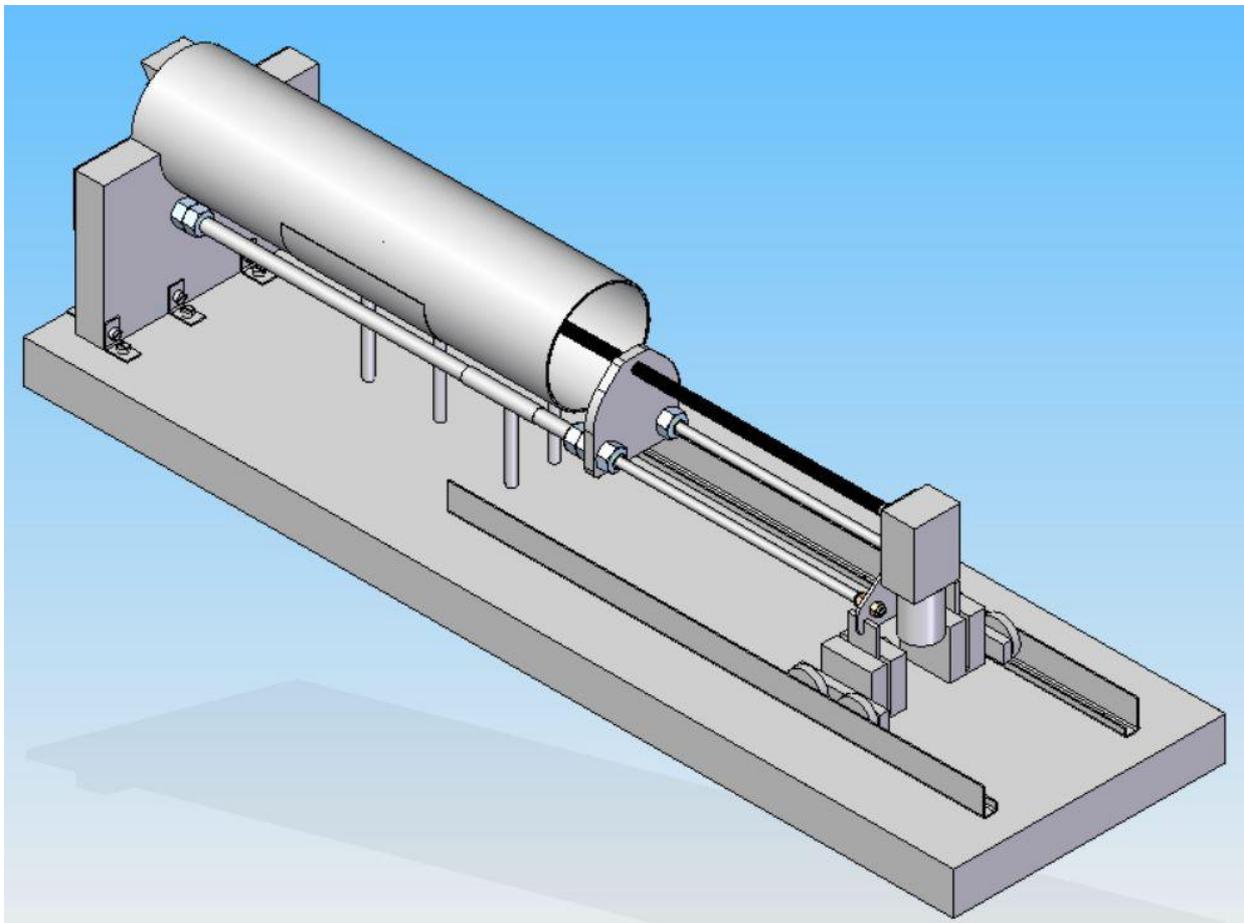


Figura 3-26. Perspectiva del conjunto: vista trasera.

Llegados a este punto, se vuelve a hacer una revisión de los requisitos que se exigen para el diseño y que se plantearon en el apartado segundo de este documento. Por un lado, el diseño es sencillo en cuanto a mecanismos, no tiene una complejidad excesiva, pero sí que cuenta con muchos elementos en el montaje. Esto hace que tiempo de montaje sea mayor, haya más posibilidades de que alguna pieza se parta, se afloje, o falle por algún motivo. Además, no es compacto, como se ha comentado más arriba tiene unas dimensiones que pueden llegar a ser excesivas en algunos casos. Si bien podría hacerse más pequeño porque tiene capacidad para 10 días, el diseño no termina de convencer. Pese a que puede conservar el alimento en buen estado, tener facilidad para ser limpiado (sacando el tubo por la parte frontal de manera sencilla), o resistir a posibles golpes del animal incorporando una carcasa protectora que cubriese todos los elementos, se decide plantear otros diseños para valorar si pueden ser más ventajosos que éste o no.

3.3 Modelo 2

Este modelo surge de manera paralela al siguiente que se muestra como modelo definitivo, y es por eso por lo que no se desarrolla en detalle y tan solo se comenta ya que es una opción igualmente válida, aunque por decisión conjunta del tutor y alumno se decide llevar a cabo la otra opción.

Este modelo consiste en situar dos cilindros uno dentro del otro, el interior tiene un agujero en la parte inferior y el exterior tiene la capacidad de rotar alrededor del primero. Además, el exterior tiene un perfil singular como se ve en el boceto mostrado en la figura 3-27 que permite dejar al descubierto el agujero, o taparlo según sea la posición de dicho cilindro exterior. Puede verse que, al accionar el motor situado en la parte inferior derecha de la imagen, el cilindro exterior es arrastrado por el piñón al engranar con la corona del citado cilindro. La comida en el interior sale por el agujero cuando éste se encuentra destapado hasta que de una vuelta completa el cilindro exterior y vuelva a tapar el agujero, entonces dejará de caer comida y además ésta quedará aislada del aire por lo que se asegura la correcta conservación del alimento.

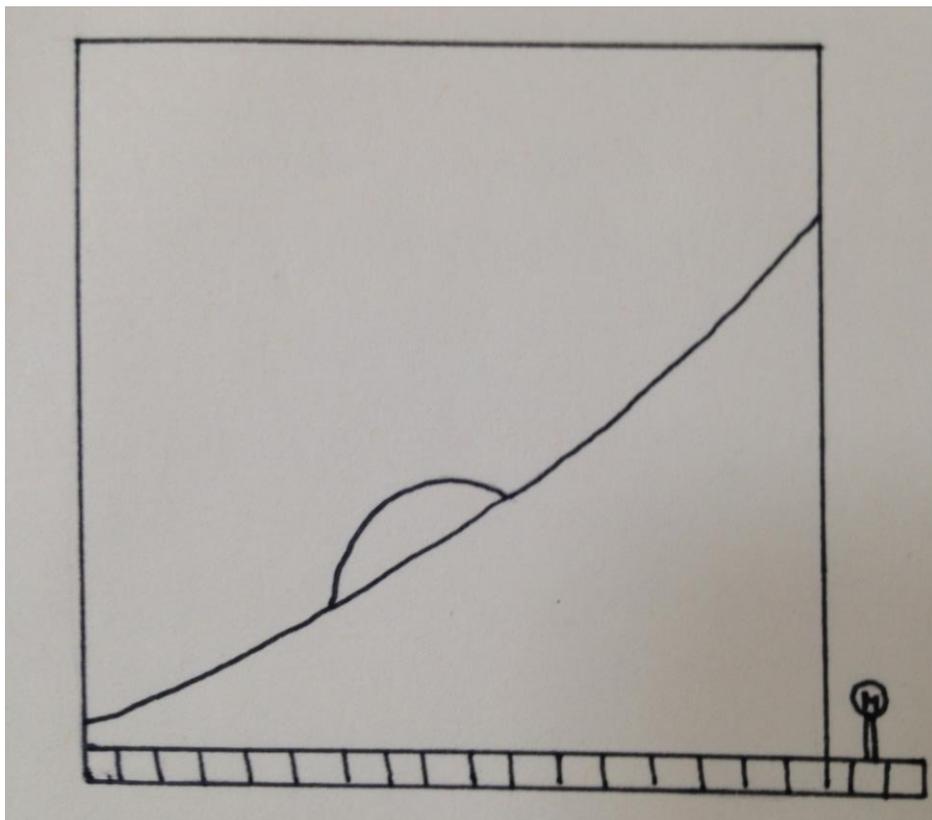


Figura 3-27. Boceto modelo 2.

Es sencillo, fácil de limpiar retirando el cilindro interior, buena conservación del alimento, resistente a posibles golpes del animal y, por último, compacto. Por tanto, reúne todos los requisitos marcados en un principio, aunque como se ha comentado ya, no ha sido elegido para fabricar un prototipo en base a este diseño.

3.4 Modelo definitivo

Pensando en otras posibilidades se viene a la cabeza una máquina matancera o embutidora de carne (Figura 3-28) cuyo funcionamiento consiste en verter carne por la parte superior y, mediante el movimiento de un tornillo sin fin, ya sea actuado manualmente con una manivela o por un motor eléctrico, la carne se va desplazando entre los álabes del tornillo hasta llegar a la punta donde se ve obligada a salir por algún agujero de la tapa frontal del aparato. En la figura 3-29 se pueden ver todas las partes que componen esta máquina, son las siguientes: carcasa, tornillo sin fin, placa frontal con agujeros, tapadera, manivela, y cuchilla para cortar la carne.



Figura 3-28. Máquina matancera sobre un banco.



Figura 3-29. Máquina matancera desmontada.

Para la aplicación que se estudia, la máquina a diseñar es prácticamente igual que las vistas en las figuras anteriores, sólo que no necesita de cuchilla de corte ya que el alimento ya viene preparado, tan solo se necesita que el tornillo sin fin traslade y empuje hacia adelante la comida y finalmente salga por los agujeros frontales.

Teniendo ya una idea en la cabeza de lo que se quiere diseñar y después imprimir en 3D se comienza con el dimensionamiento y diseño pieza por pieza, empezando por el tornillo sin fin.

Al comienzo se plantea con idea de hacerlo lo más pequeño posible para conseguir un diseño compacto, fácil de manejar y desmontar para su limpieza, y pensando también en la fabricación aditiva debido a que un tamaño mayor se traduce en más tiempo de impresión. Se va a calcular cuantas vueltas tiene que dar el tornillo para desplazar un volumen equivalente a 100 g de comida húmeda, y en función de las revoluciones que de el motor, se obtiene el tiempo, que ha de ser razonable, que se emplea en dispensar una ración. El motor que se va a utilizar en principio es el mismo que el empleado en el modelo 1, trabajando en un rango de 3 a 38 rpm. El tornillo sin fin entra sin demasiada holgura en el tubo para que la comida no se escape entre los álabes y las paredes, pero suficiente para permitir la rotación del tornillo. Por tanto, el volumen desplazado en una revolución será igual al área comprendida entre el diámetro exterior del tornillo y el diámetro del eje, multiplicado por el paso del tornillo. Aunque es un proceso iterativo hasta dar con unas medidas razonables, la primera aproximación se da por válida. El diámetro del eje es 10 mm y el diámetro exterior de los álabes 30 mm, con paso 20 mm. De esta forma, el área antes descrita es 6.28 cm^2 , que al multiplicarla por el paso se obtiene un total de 12.6 cm^3 en una revolución. Debido a la densidad del alimento húmedo ya calculada en el apartado 2.2 tiene que desplazarse un volumen igual a 110 cm^3 , por lo que el número de revoluciones es igual a 8.75, que redondeando son 9 revoluciones de tornillo. Suponiendo una velocidad de giro del motor de 27 rpm, se necesitan tan sólo 20 segundos para dispensar una ración. El largo que se le da es 100 mm.

Antes de diseñarlo, se hace una búsqueda por internet y se observan que muchos tornillos son fabricados con dos pasos diferentes (Figura 3-30). En la parte que cae el alimento tienen un paso mayor que en el resto del tornillo, esto hace que el volumen que se desplaza aguas abajo en una revolución sea menor que aguas arriba,

y por tanto, la comida es obligada a subir de nuevo al depósito porque no cabe en el siguiente tramo de tornillo. Esto es beneficioso en este caso porque así se consigue mover el alimento almacenado facilitando su salida y evitando que queden restos en las paredes.



Figura 3-30. Detalle tornillo sin fin con paso diferente en cada zona.

Para diseñarlo en 3D se parte de este archivo descargado de la web GrabCad [23], modificando las partes necesarias.

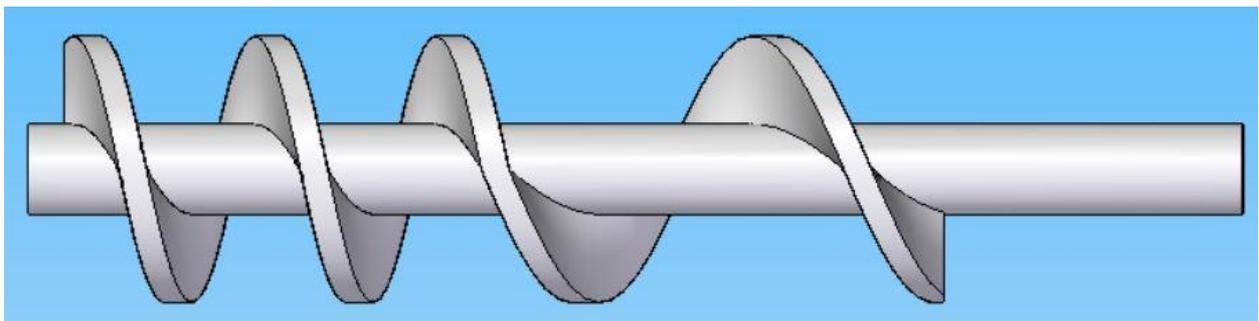


Figura 3-31. Vista de perfil tornillo sin fin.

El paso en la primera parte es de 20 mm y en la segunda de 40 mm. Se han dejado tanto al principio como al final un tramo liso para que apoye en la tapa frontal y en la parte trasera, respectivamente.

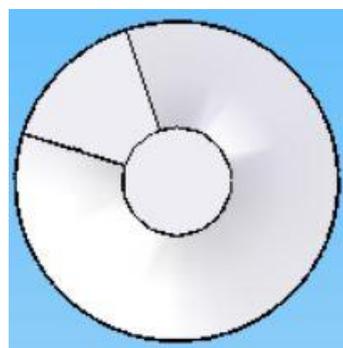


Figura 3-32. Vista frontal tornillo sin fin.

A continuación, se dimensiona la carcasa, que está compuesta por el tubo que encierra al tornillo y el depósito almacén. Todo de una sola pieza. El tubo tendrá la misma longitud que el tornillo, 100 mm, diámetro interior 30.5 mm y exterior 33.7 mm. Esto se hace pensando en que el material utilizado será un acero normalizado. Esta cuestión será tratada más adelante al final de este apartado. La otra parte por dimensionar es el depósito,

se considera con sección rectangular, un lado igual al diámetro exterior del tubo y otro de 40 mm. Para calcular la altura se introduce un dato más, el volumen que queremos almacenar. Debido a que este modelo sí va a ser fabricado con tecnologías aditivas y su finalidad es meramente de ensayo y demostrativa, tan sólo se van a almacenar dos dosis, es decir, 220 cm^3 . Despejando se necesita una longitud de 16.32 cm.

Se muestra a continuación el modelo, al que se le han incluido patas de apoyo y dos pletinas soporte en la parte trasera para acoplar el motor.

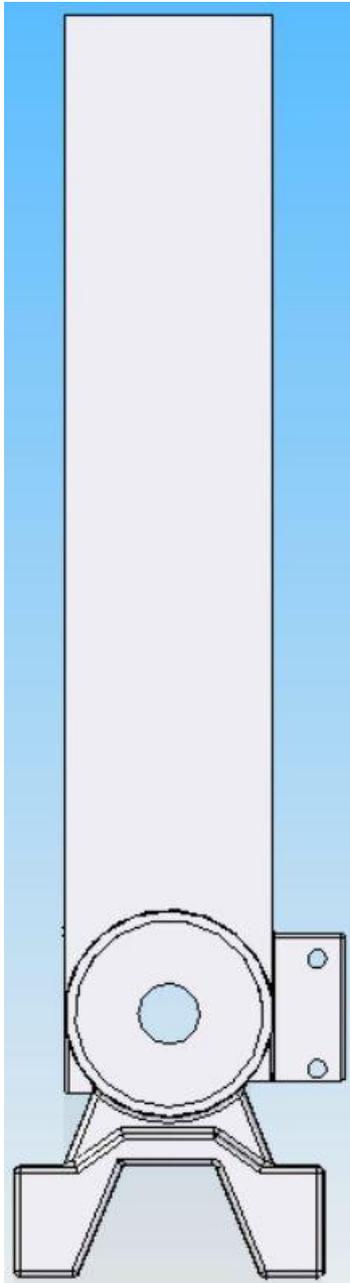


Figura 3-33. Vista frontal carcasa.

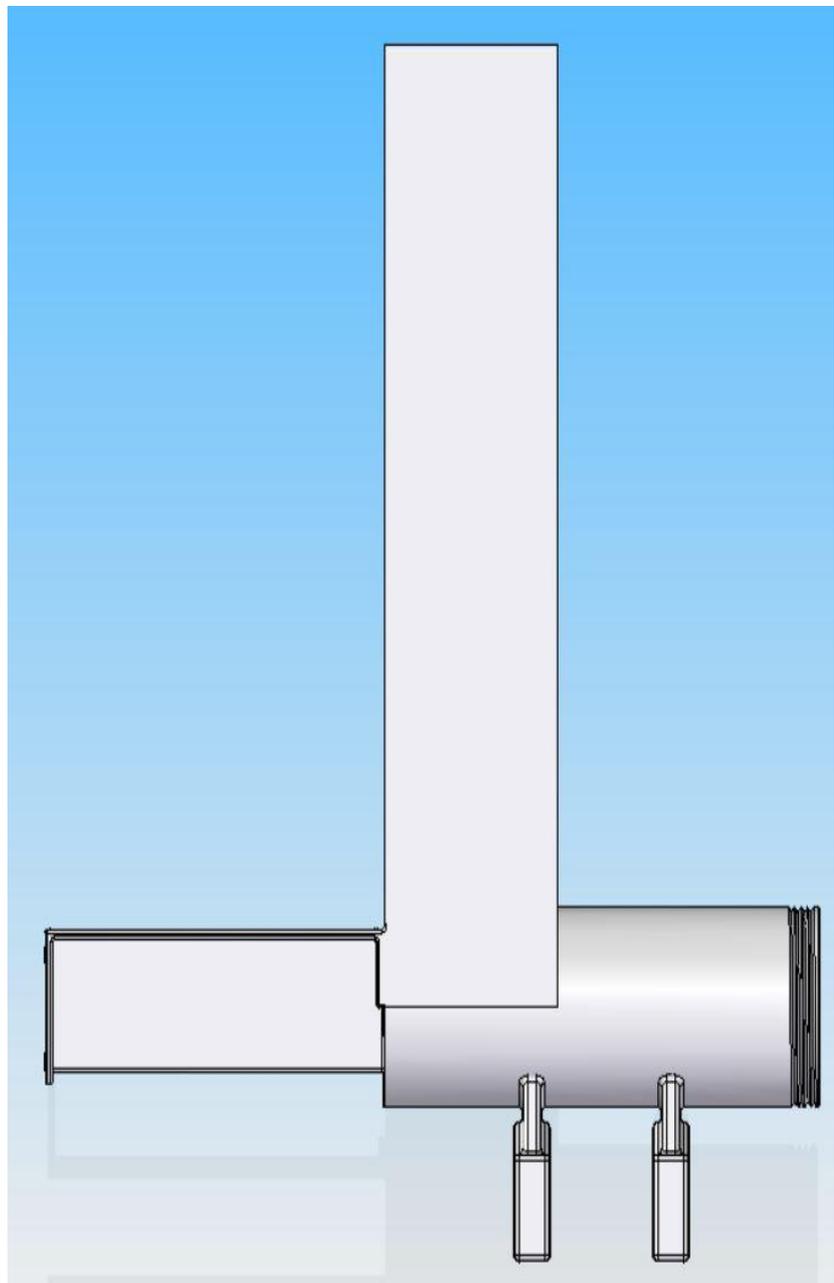


Figura 3-34. Vista de perfil carcasa.

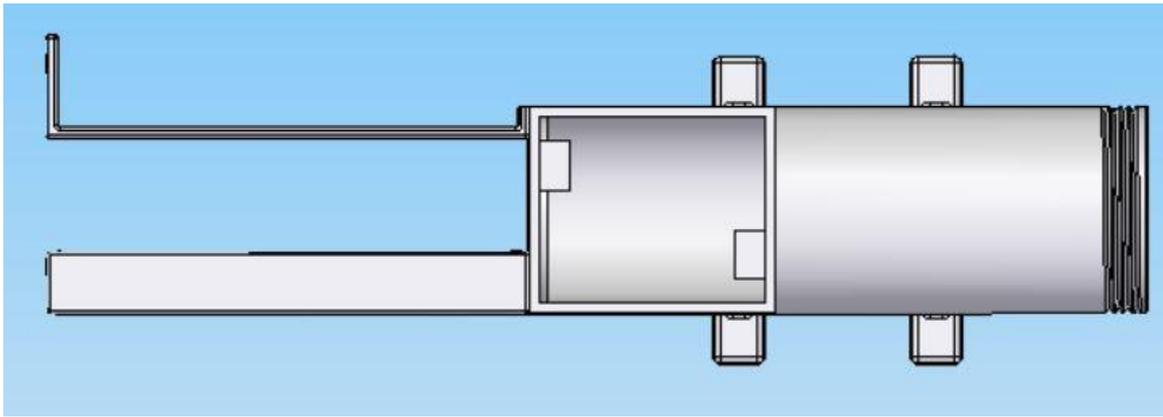


Figura 3-35. Vista en planta carcasa.

En esta última figura se pueden ver dos pestañas en el hueco del depósito, éstas sirven de tope a la tapa que posteriormente se va a diseñar y así no choque con el sin fin. La rosca del tubo está hecha con valores de H igual a 1.1 mm y paso 1.5 mm, el largo son 11 mm. La tapadera daría 3 vueltas y 1/7 de rosca.

La tapadera del depósito tiene unas medidas de 36.75x30.45x3 mm tales que le permiten desplazarse por el interior del depósito ya que en principio se desconoce si la comida bajara por el depósito sin problema o si por el contrario va a necesitar de una pesa sobre la tapadera para empujar la comida hacia el tornillo. Este aspecto se tratará en el apartado de “Experimentación”.

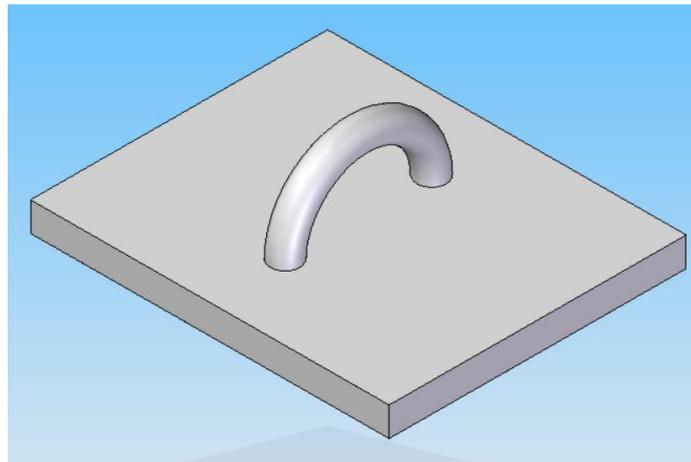


Figura 3-36. Tapadera del depósito.

Se modela ahora la tapadera roscada del tubo. El diámetro interior es 33.7 mm, espesor 1,6 mm luego el diámetro exterior es 36.9 mm. Se hacen 6 agujeros en los vértices de un hexágono y 8 más en el perímetro de un círculo, en total 14 agujeros de 4 mm de diámetro. Es importante la distribución de los agujeros para la correcta salida del alimento y evitar zonas por las que no pueda salir. Se le hace la rosca interna tal que quede un diámetro interno después de la rosca de 31.5 mm, acorde con la rosca del tubo.

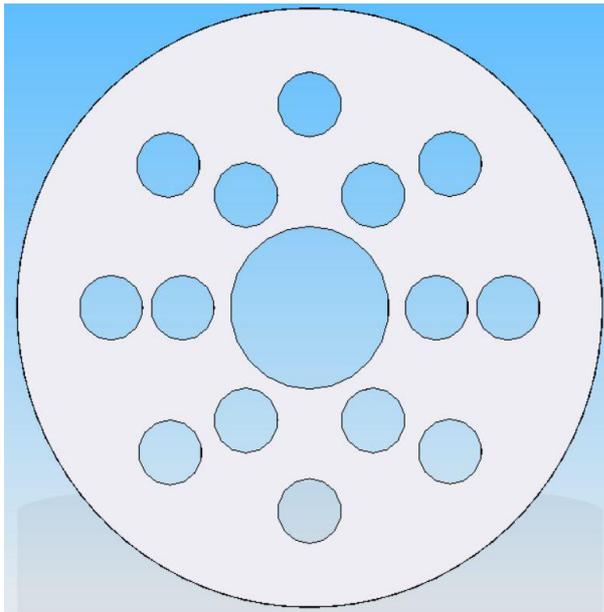


Figura 3-37. Tapadera roscada, vista frontal.

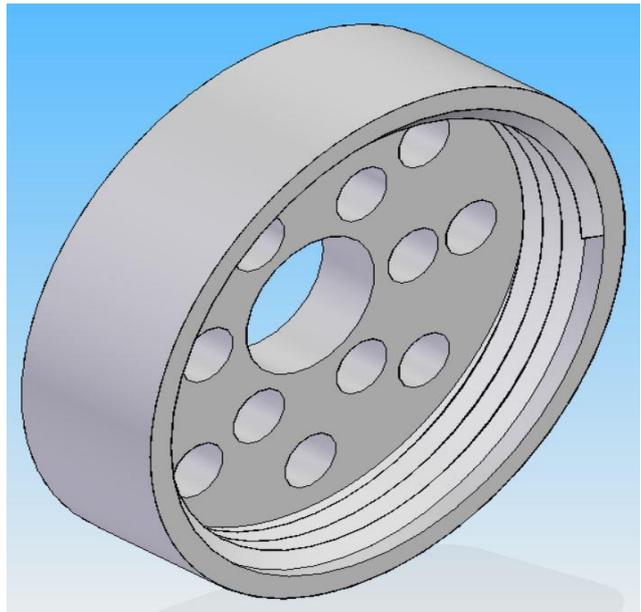


Figura 3-38. Tapadera roscada en perspectiva.

Otra pieza es el acoplamiento que fija el eje del tornillo y el eje de salida de la caja de engranajes. Con esto se consigue transmitir el par del motor al eje del tornillo. Tiene un diámetro exterior de 20 mm, y dos agujeros uno con diámetro 10 mm y otro con rosca igual a la del eje de salida de la caja de engranajes.

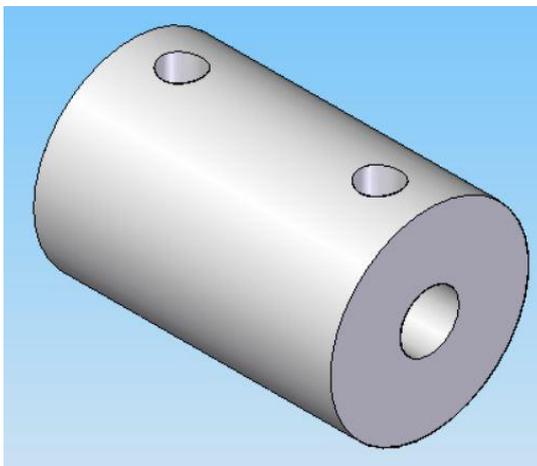


Figura 3-39. Acoplamiento.

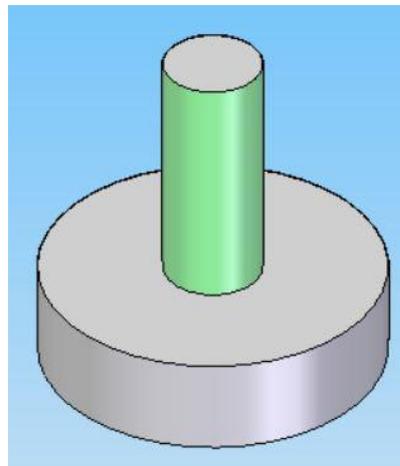


Figura 3-40. Apoyo patas.

Por último, los apoyos de las patas que serían de goma para evitar deslizamientos y asegurar la estabilidad del dispensador.

Para terminar, se muestran a continuación varias perspectivas del conjunto ensamblado.

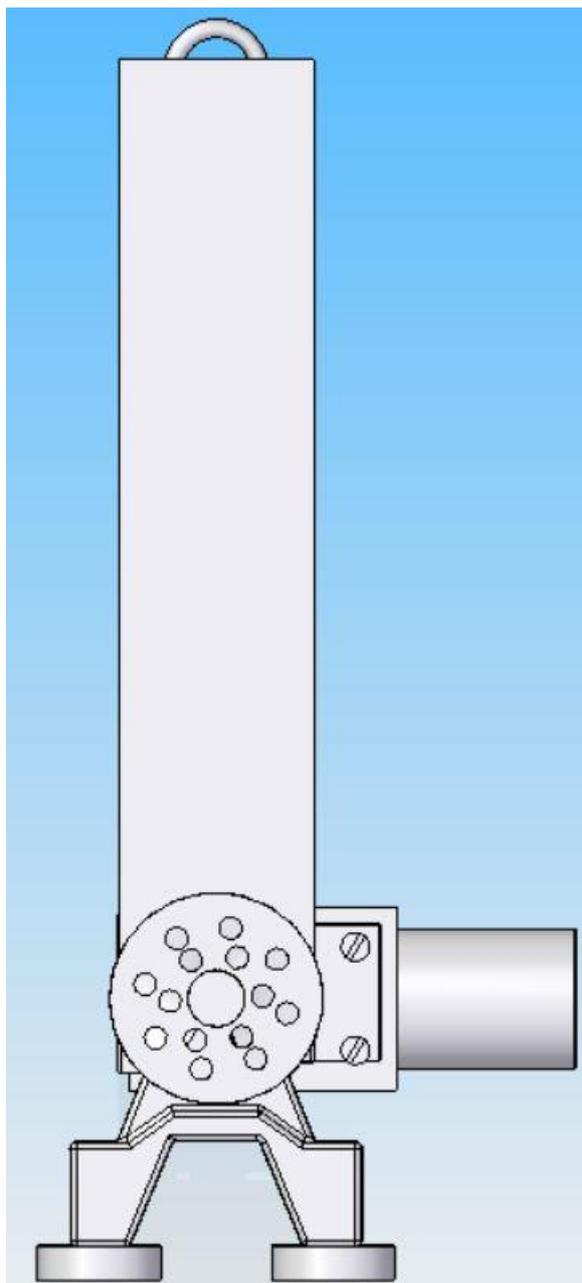


Figura 3-41. Vista frontal del conjunto.

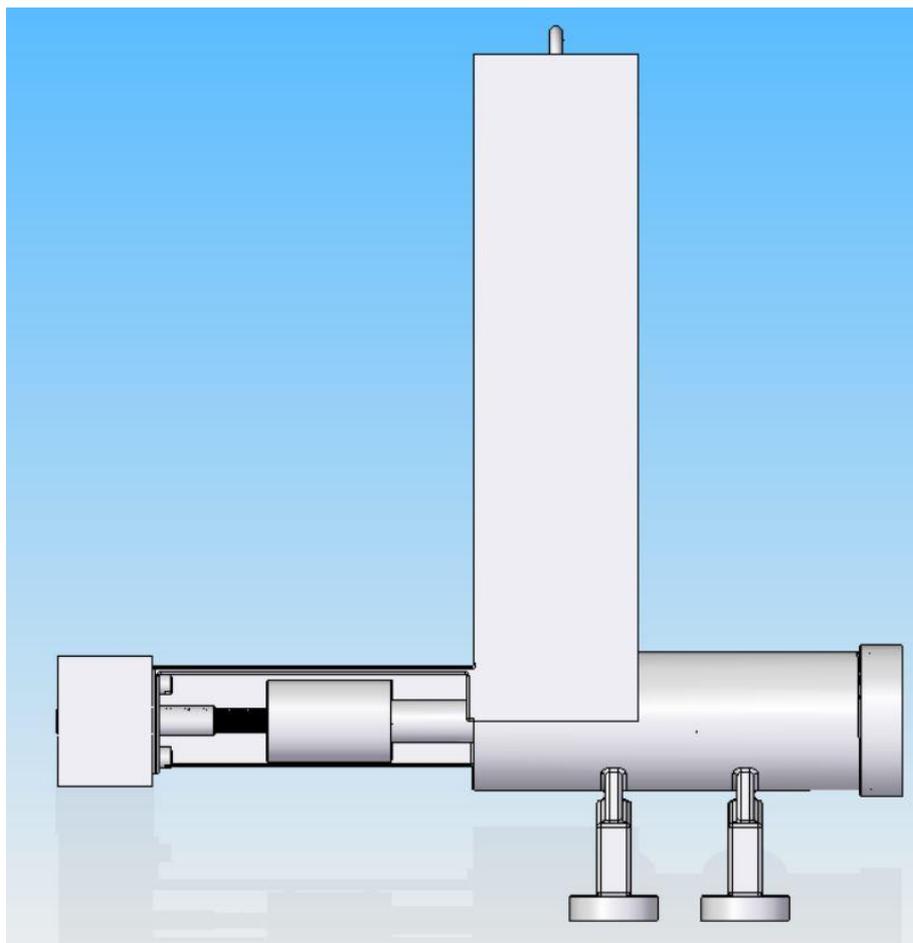


Figura 3-42. Vista de perfil del conjunto.

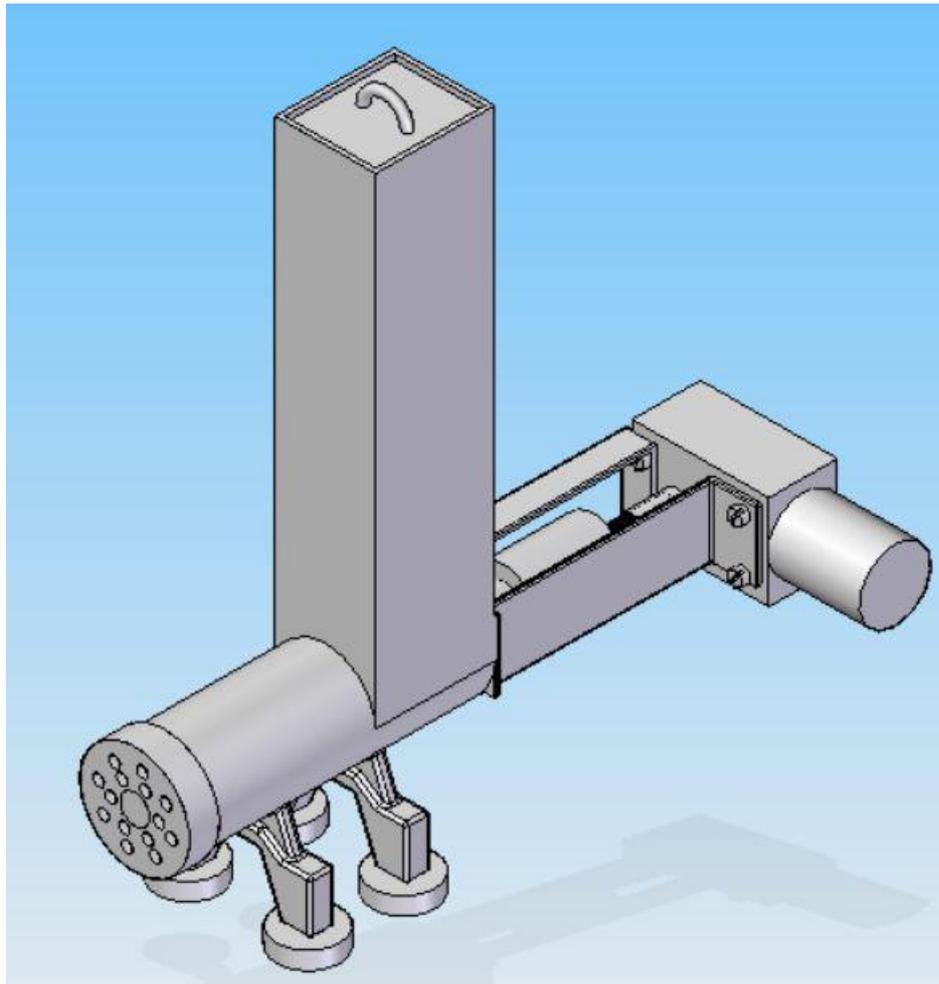


Figura 3-43. Vista de perfil del conjunto.

Por ultimo, decir que el material elegido para su fabricación es el acero inoxidable porque es higiénico, tiene poca adherencia de la suciedad y agentes externos, rápida limpieza de la superficie gracias a que ésta es lisa y no porosa, gran durabilidad, estética vanguardista, y resistente a ambientes húmedos. Además, tiene elevada capacidad de reciclaje. [24]

3.4.1 Ventajas sobre los modelos 1 y 2

Contar con pocos componentes, geometrías sencillas, y un mecanismo muy simple, ya que sólo consiste en hacer girar un eje, hacen de este diseño un modelo competitivo. También sus reducidas dimensiones son una ventaja.

Si se analizan los factores que se pusieron al principio como parámetros de diseño, se puede ver cómo de buena es esta solución según ese criterio.

En primer lugar, el aspecto de la conservación de la comida a priori no se piensa que pueda ser un problema. Como ya se ha visto por arriba el depósito tiene una tapadera y en la parte frontal por donde sale tiene otra tapadera con agujeros para facilitar la salida del alimento. Esta sería la única superficie expuesta al aire, pero al ser agujeros pequeños y además al quedar la comida cubriendo toda la superficie, ya que sale por extrusión, no entra aire al interior. Por otro lado, esa parte en contacto con el aire está solamente el tiempo entre una dispensación y la siguiente, luego no parece que vaya a suponer un problema para la correcta conservación del contenido restante. Este es otro de los aspectos que será tratado en el apartado “Experimentación”.

Lo siguiente a tener en cuenta es la complejidad del sistema en cuanto a mecanismos. En este caso, como se comenta un poco más arriba, al incorporar sólo un motor, un acoplamiento y un tornillo sin fin, es muy sencillo. Las averías comunes que pueden producirse pueden ser: fallo del motor, rotura del sin fin, o que el

acoplamiento entr eje de salida de la caja de engranajes y tornillo sin fin desconecte alguna de las partes.

Por otro lado, al tener una tapa roscada, hace muy fácil las labores de limpieza ya que, retirando esta tapadera y aflojando la unión del sin fin con el acoplamiento, el tornillo sin fin sale por la parte frontal fácilmente, de esta forma queda desmontado casi por completo, a falta de la carcasa, que puede ser limpiada también con cuidaod de no salpicar al motor. Aunque si se quisiera, bastaría con retirar los cuatro tornillos de las dos pletinas que lo sujetan.

El tamaño que ocupa en planta es reducido, aunque en altura, en el caso de aumentar el tamaño del depósito para garantizar la continuidad en la alimentación durante más días, quedaría algo más voluminoso, no es algo preocupante ya que lo crítico es el espacio en planta.

Por último, no incorpora elementos al alcance del animal que sean especialmente sensibles, en todo caso la zona trasera del eje y el motor, pero que podría ser cubierta con una carcasa sin ningún problema. El diseño es resistente, aunque la estabilidad según se muestra en las fotos puede quedar en entre dicho, tan sólo tiene la función demostrativa, en el caso de su fabricación, como habría que aumentar las dimensiones y geometría del depósito, se barajarían opciones tales como anclarlo al suelo, a una base dimensiones suficientes, o alguna solución por el estilo.

4 REDISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE

Llegados a este punto, es hora de pasar a la fase de fabricación del prototipo. Sin embargo, es conveniente pensar con detenimiento algunos aspectos sobre el diseño en relación con la fabricación aditiva. Debido a que existen múltiples fallos comunes en la impresión que son ya bien conocidos, es interesante plantear algunos de ellos y modificar si es necesario el diseño para aumentar las posibilidades de éxito durante la impresión.

4.1 Fallos en la fabricación con tecnología aditiva

Se muestran a continuación una selección de fallos típicos que se dan en la fabricación aditiva, algunos de ellos, como se verá más adelante en el apartado 4.3, han ocurrido en este proyecto y otros no.

- Al inicio de la impresión no extruye (Figura 4-1). Esto puede deberse a diversos factores como que la boquilla esté en contacto con la cama caliente sobre la que se apoya la pieza, impidiendo que el plástico salga. La solución para esto sería bajar la cama caliente o bien subir el final de carrera del eje Z. Otra causa, muy común y sufrida durante la etapa de fabricación de este trabajo, es que el rodillo que presiona al filamento para que éste baje cuando gira el motor esté demasiado apretado o demasiado flojo, si aprieta mucho oprime al filamento y si está flojo no ejerce presión para que el filamento baje. Es necesario ajustar el apriete de los tornillos para que el filamento pase con facilidad hacia la boquilla. Por último, también puede deberse a que el extrusor esté obstruido debido, entre otras cosas, por llevar mucho tiempo sin utilizarse y quedar plástico en su interior. Esto ocurrió en este proyecto, y la solución fue hacer pasar otro plástico con una temperatura de fusión superior a la del PLA, en este caso ABS, comenzar a enfriar y posteriormente retirarlo por la parte superior. De esta forma el filamento de ABS no está fundido, pero sí el PLA que se encontraba en su interior, este último se adhiere al ABS y sale, dejando limpio el extrusor.



Figura 4-1. No extruye al inicio de la impresión.

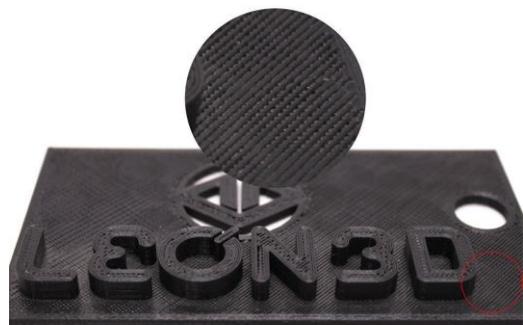


Figura 4-2. Huecos en la cara superior.

- Huecos en la cara superior. Como puede verse en la figura 4-2, quedan zonas sin rellenar. Esto puede deberse bien a que el número de capas sólidas fijadas en la parte superior no es suficiente, por lo que la solución pasa por aumentar dicho número de capas sólidas, o bien que el porcentaje de relleno (infill) sea demasiado bajo. Este valor suele estar entorno al 14%, a partir de este valor no debería haber problema. Si ninguno de estos dos motivos no son la causa, se trataría de un problema de

extrusión insuficiente. Esto también ha ocurrido en este trabajo.

- Hilos: el cabezal deja restos de hilos de plástico en sentido horizontal. Un motivo puede ser la retracción de filamento mientras no imprime, cuanto mayor sea este valor menos material rebosará por la boquilla. La velocidad de retracción suele estar entre 30 y 60 mm/s, pero si se supera este valor pueden crearse burbujas en el interior de la boquilla o un movimiento rápido de la polea puede morder el filamento. También si la temperatura de extrusión es demasiado alta provoca que caiga material incluso cuando no está imprimiendo, ya que se vuelve demasiado viscoso. Si ninguna de estas causas es la culpable, se puede probar a habilitar la opción que evita cruzar espacios abiertos. Se puede ver un ejemplo en la siguiente figura (Figura 4-3).



Figura 4-3. Detalle de hilos indeseados en una pieza.

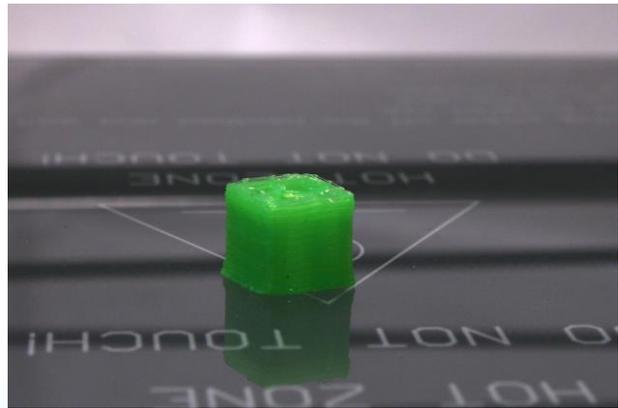


Figura 4-4. Pieza sin terminar por cese de la extrusión.

- Deja de extruir plástico a media impresión. Los motivos pueden ser que no haya filamento en el rollo, que el filamento esté mordido, que el motor esté sobrecalentado debido a una impresión de varias horas (esto es porque no están bien ajustados los mA del driver que controla al motor), o porque la presión en el extrusor sea insuficiente como se vio en el primer caso de esta selección de fallos comunes. Una muestra de este problema se puede ver en la figura 4-4.
- Warping: en las esquinas tiende a curvarse y deformarse después de que la pieza se ha impreso. Las dos causas principales son las corrientes de aire y el incorrecto empleo de la laca especial utilizada para impregnar la cama caliente antes de la impresión. En la siguiente figura puede observarse como la zona de la izquierda está despegada de la superficie. Esto ha ocurrido en la impresión de una pieza de este proyecto como se verá en el apartado de fabricación.



Figura 4-5. Warping.



Figura 4-6. Deslizamiento de capas.

- Desajuste en la impresión: superficies con acabado irregular. Uno de los motivos es una velocidad de impresión demasiado alta, parámetros de aceleración incorrectos, o lo más común, correas flojas o demasiado tensas. Este problema aparece en una de las piezas de este proyecto y será visto en el

apartado de fabricación. Puede verse un ejemplo en la figura 4-6.

- Separación de capas: las capas no quedan pegadas entre sí, hay espacios. Puede ser debido a una altura de capa demasiado alta (nunca debe sobrepasar el 80% del diámetro de la boquilla), o que la temperatura de extrusión no sea la suficiente para el material que se está utilizando. Se puede ver esto en la figura 4-7.



Figura 4-7. Separación de capas.



Figura 4-8. Grietas en la primera capa.

- Grietas en la primera capa: las líneas impresas no se unen y se despegan de la base. Puede ser que la altura de la primera capa sea demasiado alta, lo recomendable está entorno a 0.3 mm, también puede ocurrir que la temperatura de la primera capa sea insuficiente, o que la anchura de línea sea demasiado baja. En la figura 4-8 se aprecia este fenómeno.

4.2 Rediseño del modelo

En primer lugar, se toma la decisión de retirar el motor y sus soportes y adaptar el diseño para ser actuado de forma manual mediante una manivela. Para ello, se hace una ranura en el sin fin y se diseña una manivela de poner y quitar. De esta forma puede hacerse la demostración para ver el funcionamiento del dispensador y además, desmontarlo con facilidad.

La manivela en un principio estaba compuesta por dos partes, aunque más tarde en la etapa de fabricación se advierte que hacía falta modificarla e incluir una tercera. A continuación, se muestra una imagen del modelo CAD.

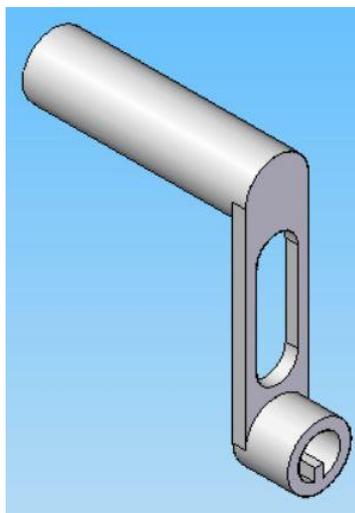


Figura 4-9. Manivela.

En segundo lugar, se modifica la geometría exterior de la carcasa. El hecho de que sea cilíndrica dificulta su impresión al tener que crear muchos apoyos que luego habría que retirar quedando una superficie irregular, además de la labor de lijado que habría que llevar a cabo. Por estos motivos se decide hacer rectangular, quedando como se ve en la siguiente figura.

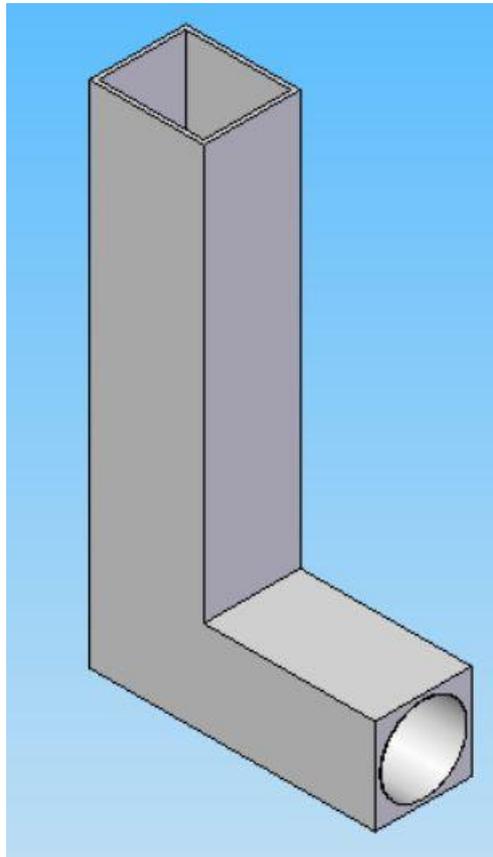


Figura 4-10. Carcasa modificada.

Hecho este cambio, hay que analizar a qué partes afecta. Por un lado, la tapadera frontal que iba roscada al tubo ahora no puede llevar rosca ni ser cilíndrica, luego cambia la geometría pero además cambia el tipo de anclaje a la carcasa. Se decide hacerle unos taladros en las esquinas para atornillar la tapadera a la carcasa y así poder retirarla fácilmente, ésto será tratado en el apartado 4.4 Montaje. Como consecuencia del cambio de geometría, los agujeros que había en la cara frontal ahora no caben, así que se decide suprimir algunos de ellos y recolocar y aumentar de tamaño el resto, pasando de 4 a 7 mm (esto se ve más adelante en la etapa de fabricación).

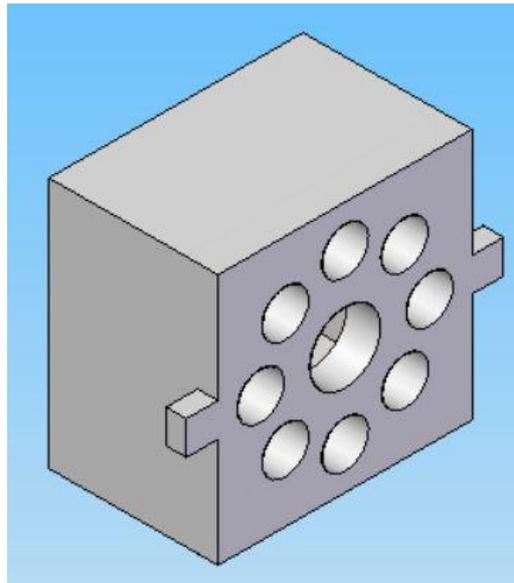


Figura 4-11. Tapadera frontal modificada.

Por último, se modifica también el apoyo. Como va a ser accionado con una manivela y no puede anclarse a ninguna superficie para facilitar que pueda ser examinado al presentarlo si así lo desean los miembros del tribunal, se decide fabricar una base que asegure la estabilidad del dispensador por un lado, y por el otro que sea móvil. Pese a que en un principio se diseñó una base muy simple (Figura 4-12), tras su fabricación se vio que no era válida y se modificó como se verá en el siguiente apartado. La idea con este diseño era colocar la parte del tubo en la ranura de la base, pero luego se vió que con la manivela no era viable, además varios agujeros quedaban tapados por el escalón.

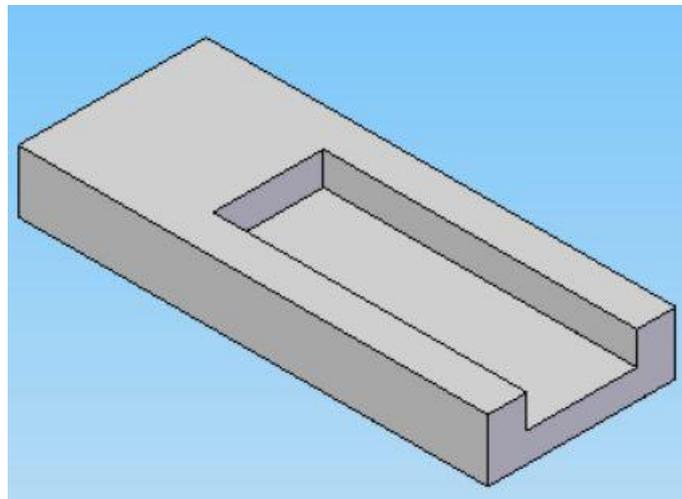


Figura 4-12. Primer diseño de la base.

4.3 Fabricación

Este es el momento más esperado del proyecto porque tras el estudio previo llevado a cabo y los modelos desarrollados CAD, es ahora cuando se materializa el diseño para formar el prototipo. Gracias al departamento de Ingeniería Mecánica y Fabricación que cedió de manera desinteresada la sala destinada a la fabricación aditiva ha sido posible desarrollar esta parte del trabajo, haciendo uso de dos máquinas iguales y un ordenador, en concreto las máquinas utilizan tecnología FDM como ya se comentó al principio de este documento y éstas son de tipo autorreplicable de código abierto RepRap (BCN3D+ modelo Mendel) como la mostrada en la

siguiente figura. Las medidas de la cama caliente 252x200x200 mm son suficientes para las piezas diseñadas en este trabajo.

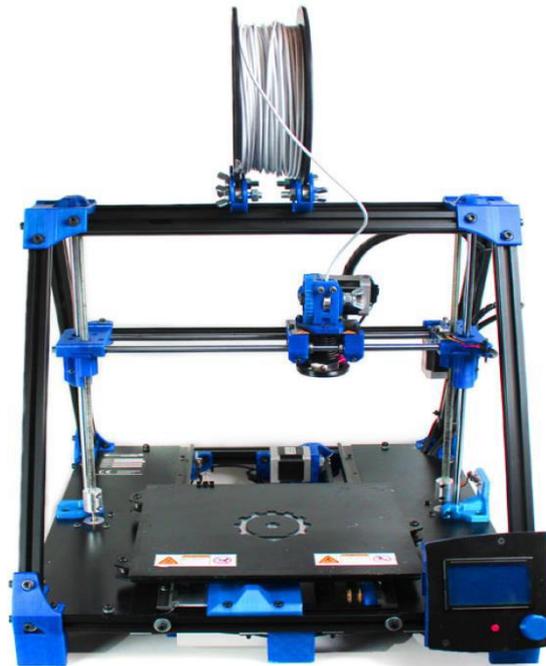


Figura 4-13. Máquina idéntica a la utilizada.

Tras una primera toma de contacto con las máquinas y el software CURA utilizado para convertir los archivos .stl en archivos .gcode con lenguaje de control numérico, se comienza con la preparación de la máquina y el material a extruir.

Lo primero de todo es enchufar a la red la máquina y pulsar el botón de encendido situado en la parte trasera. Posteriormente, se tuvo que llevar a cabo un proceso de limpieza del extrusor porque estaba obstruido. Para ello, se emplea plástico ABS en lugar de PLA que va a ser el utilizado para las piezas, esto se debe a que el ABS tiene un punto de fusión más alto y va a ser de utilidad para este propósito. Desde la pantalla LCD donde se muestra el menú y con la ruleta azul para moverse por las opciones, se selecciona precalentamiento para ABS, y manualmente se activa el extrusor a la vez que se introduce el cable por la parte superior hasta que lo enganchan las poleas. Se sigue con este proceso hasta que haya dejado de salir el color que había atascado en el interior, es entonces cuando se selecciona la opción de enfriar el extrusor y se retira por la parte superior el cable de ABS que no está fundido, sin embargo, el PLA que pudiera quedar en las paredes aún sigue fundido y se adhiere al cable de ABS por lo que sale con él por arriba, y queda el extrusor perfectamente limpio sin necesidad de desmontarlo.

A continuación, se cambia el rollo de ABS de la parte superior por uno de PLA con el que se van a imprimir las piezas, se extruye hasta que comienza a salir por abajo fundido, entonces se para la extrusión y se limpia la boquilla de restos de hilos. Por último, se limpia el cristal situado sobre la cama caliente y se impregna de laca bien sea específica para este uso o bien laca para el pelo, para conseguir fijar las piezas a la base. En este momento la máquina está lista.

Ahora se fijan los parámetros siguientes del software CURA en base a los conocimientos previos del tutor y a unos estándares fijados. A continuación se muestran dos imágenes con los parámetros escogidos que sirvieron para todo el proceso, aunque en algunas piezas se bajaron algunas velocidades para obtener mejores resultados.

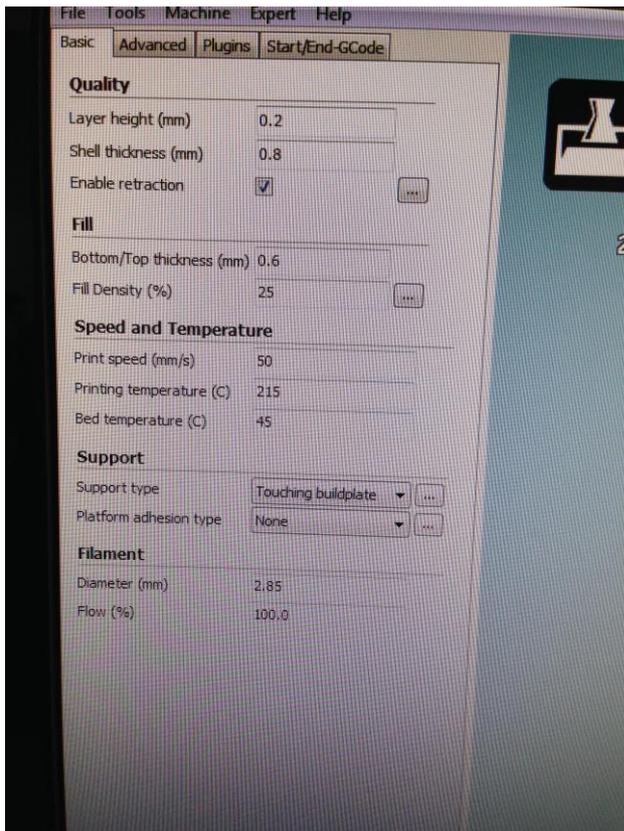


Figura 4-14. Parámetros básicos seleccionados en el software CURA.

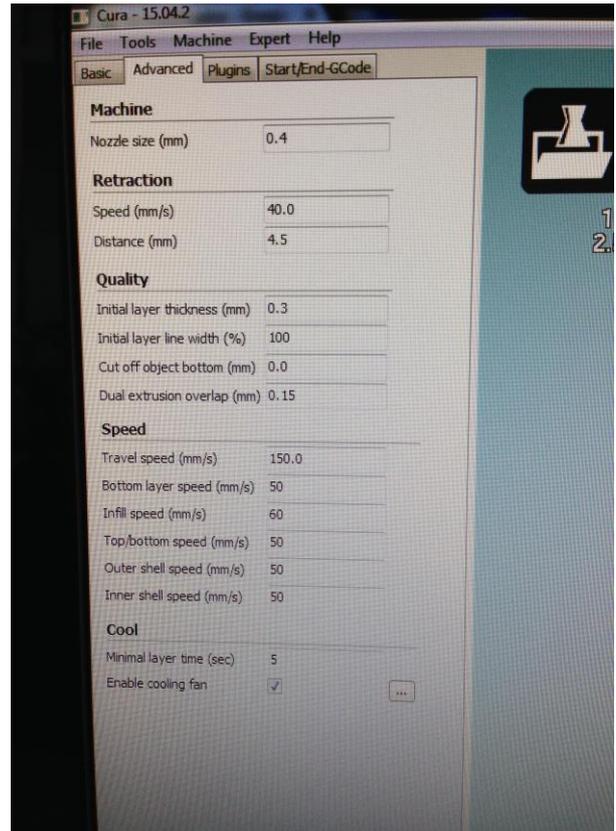


Figura 4-15. Parámetros avanzados seleccionados en el software CURA.

A partir de este momento, se procede de igual manera para todas las piezas. Se abre el archivo .stl en el software mencionado, en ocasiones se incorporan varias piezas si el tamaño lo permite para que sean impresas a la vez en la misma máquina. Se sitúan virtualmente en la posición deseada sobre la cama caliente de la máquina, se puede ver si son necesarias estructuras de soporte o no, y una vez se tenga preparado se guarda en una tarjeta SD un archivo .gcode. Esta tarjeta se introduce en la máquina, y tras el precalentamiento, se comienza con la impresión. Tras finalizar se retiran los clips que sujetan el cristal de la base, y con la ayuda de una espátula se retiran las piezas y restos que haya para después limpiarla y enlazar de nuevo. Ya se tienen las piezas que habrá que analizar si son como se esperaba o por el contrario, se deberá ver qué problema hubo y repetir la impresión.

La primera pieza que se imprime es la carcasa. Se divide en dos pares por el plano de simetría para que tenga buen acabado el cilindro interior ya que el sin fin tiene que girar en su interior correctamente. La primera parte tardó casi el doble que la segunda debido a que los parámetros de velocidad eran demasiado bajos, así que se aumentaron las velocidades para la segunda. La calidad del acabado en la segunda era igualmente bueno, pero la zona superior del depósito se curvó después de terminar la impresión (warping) posiblemente debido a la falta de laca en el cristal. Aún así, la pieza fue dada por válida. El tiempo empleado fue de 4 horas para la primera parte y 2 horas y 24 minutos para la segunda.

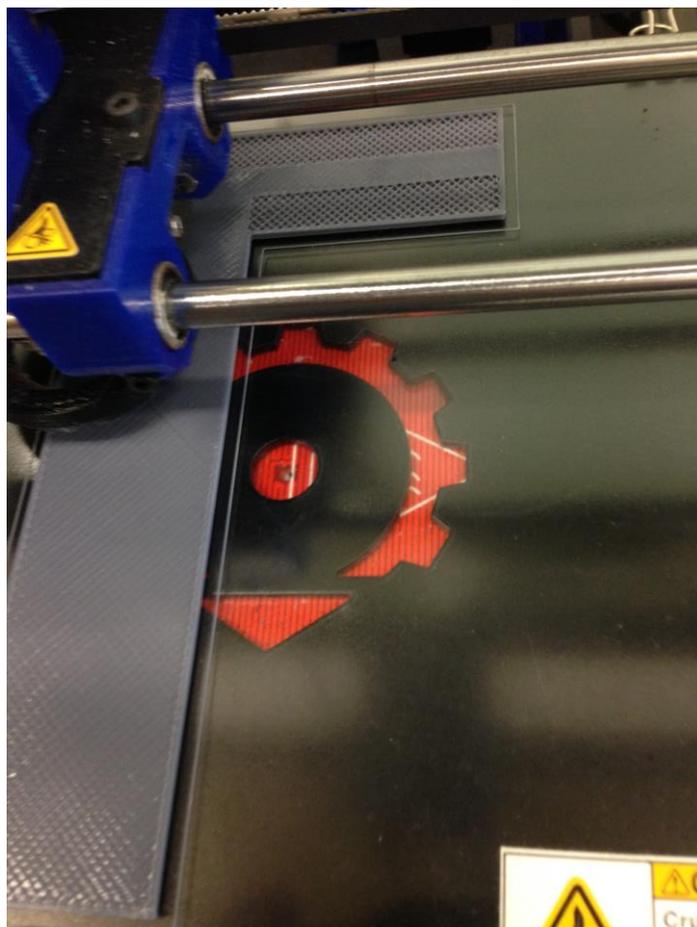


Figura 4-16. Primera parte de la carcasa en la fase de impresión.

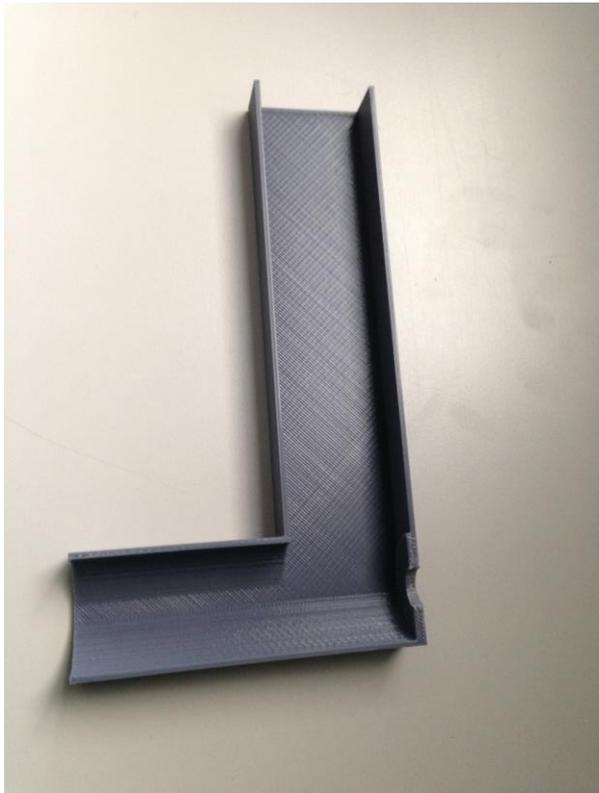


Figura 4-17. Primera parte de la carcasa terminada.

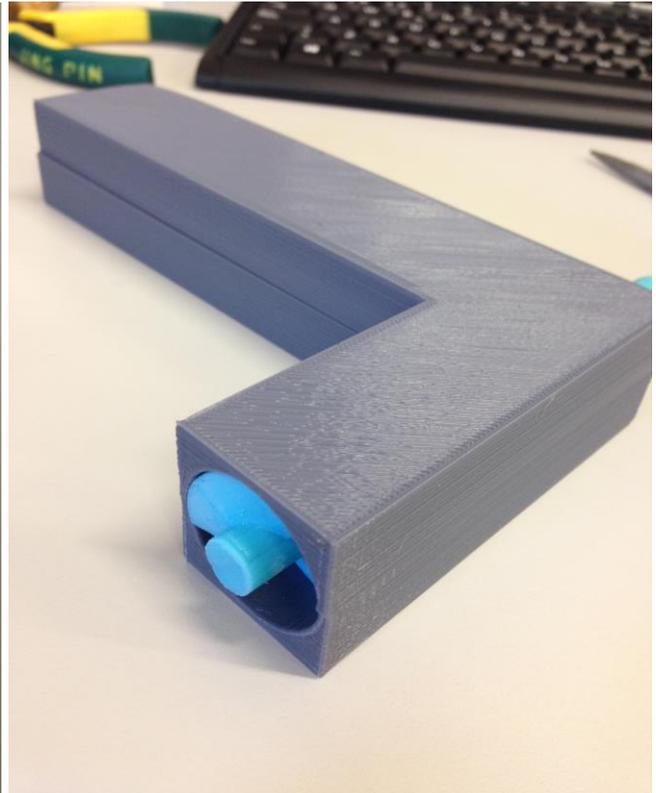


Figura 4-18. Segunda parte de la carcasa sobre la primera.

Mientras se imprimía la primera parte de la carcasa en la máquina 1 (PLA gris), se empleó la máquina 2 (PLA azul) en imprimir el tornillo sin fin, dividido al igual que antes por el plano de simetría del eje.

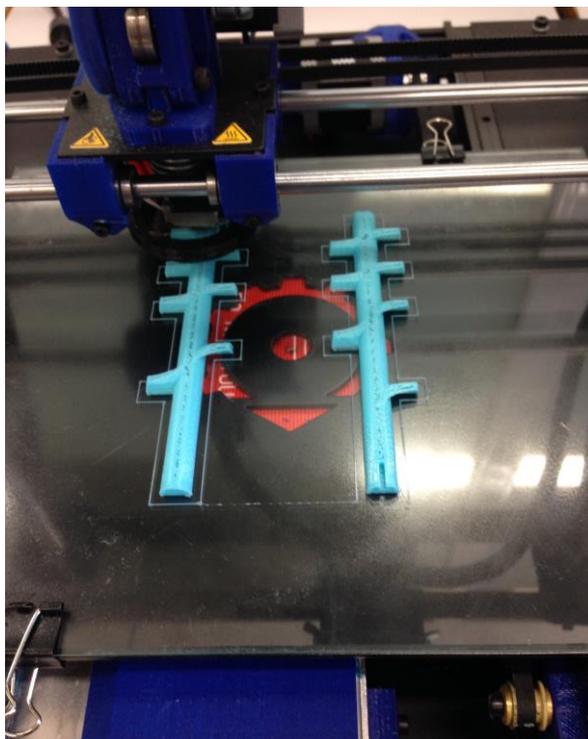


Figura 4-19. Tornillo sin fin en el transcurso de la impresión.

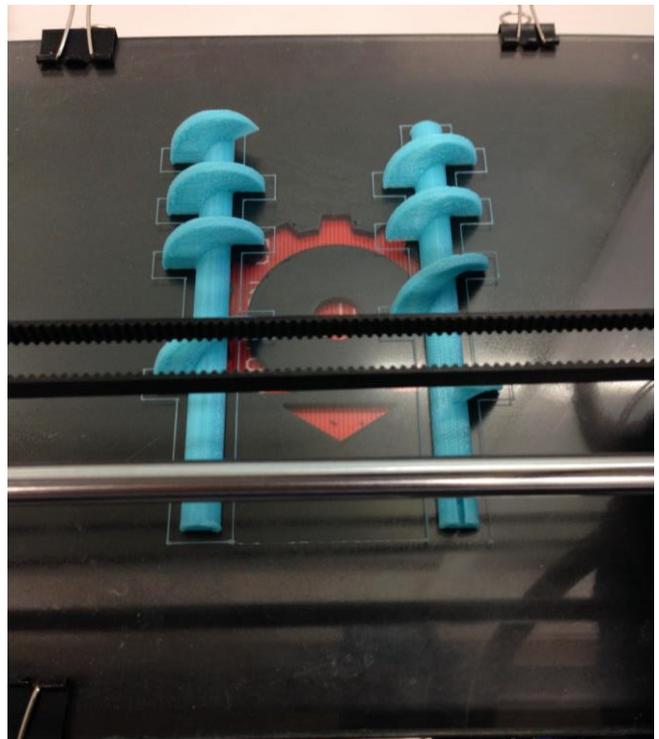


Figura 4-20. Tornillo sin fin terminado sobre la cama caliente.

Aunque a primera vista (figura 4-20) está correctamente, cuando se pegan ambas partes para formar el tornillo sin fin se observa que los álabes no coinciden, quedando escalones como se puede ver en la figura 4-21.

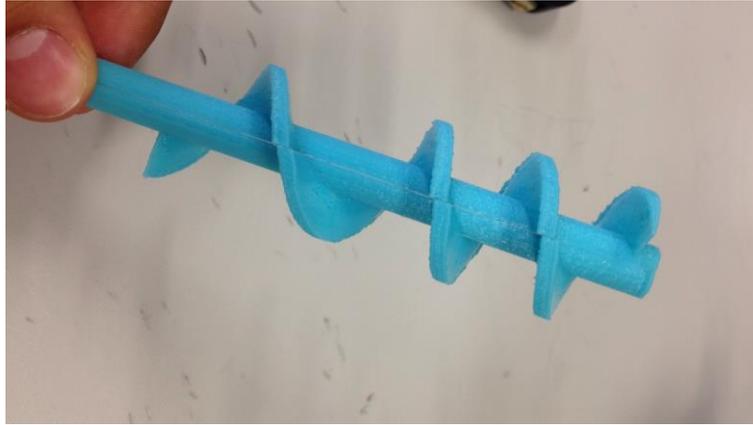


Figura 4-21. Detalle escalones en la unión de los álabes del tornillo sin fin.

Al imprimir otras piezas en esta máquina se observa que no trabaja adecuadamente, en principio debido a un problema relacionado con la calibración, aunque más tarde se descubre que era un problema de la correa que se encarga del desplazamiento en X del cabezal. Se descubre cuando durante la impresión de una pieza se partió un trozo de plástico del cabezal (Figura 4-23) por donde pasaba la correa.

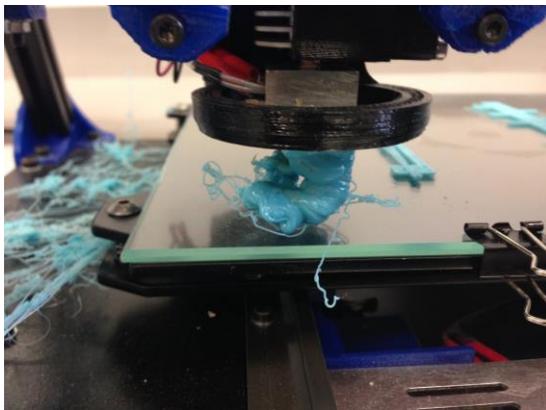


Figura 4-22. Máquina atascada por la extrusión de plástico sin mover el cabezal de coordenadas.

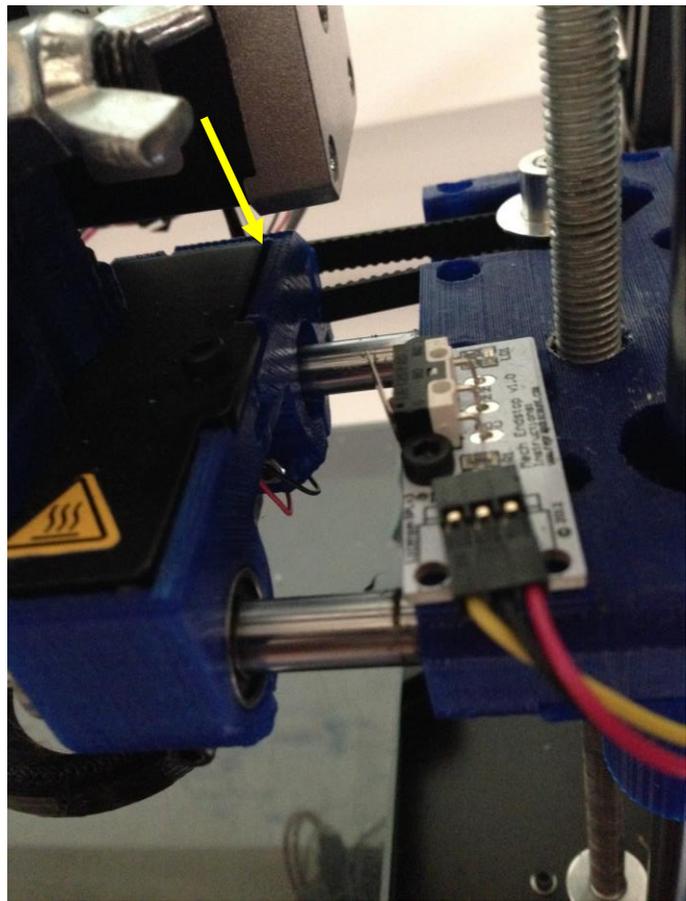


Figura 4-23. Detalle del trozo que se partió.

Desde este momento, y pese a que se trató de arreglar, sólo se utiliza la máquina 1.

Cuando se repitió de nuevo el eje en la máquina 1, disminuyendo las velocidades en las capas inferiores y superiores para asegurar la coincidencia de los álabes al unir ambas partes del tornillo. Además, se aprovechó para darle 2 mm más al extremo corto del eje debido a una modificación en la tapadera. El tiempo empleado aproximado fue de 37 minutos en cada parte.



Figura 4-24. Tornillo sin fin definitivo.

Por otro lado, la tapadera frontal fue necesario repetirla hasta en 4 ocasiones. La primera fue en la máquina 2, y aparte de que en la cara de abajo faltaba material, se vio que había demasiados agujeros (Figura 4-25). Por tanto, se volvió a repetir con la geometría cambiada como se comentó en el apartado anterior (Figura 4-26).

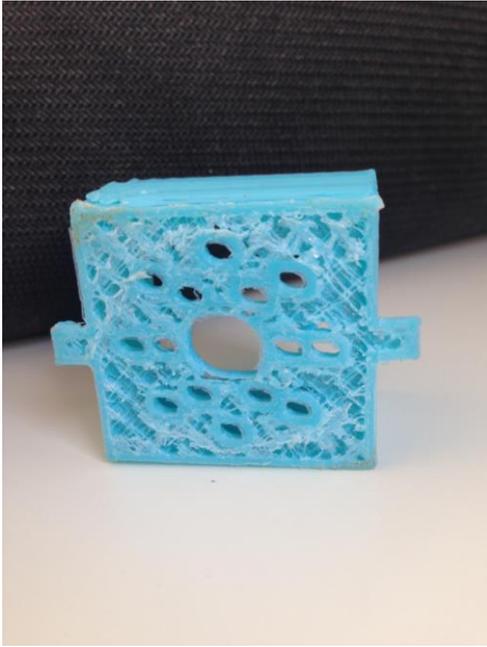


Figura 4-25. Tapadera frontal 1.

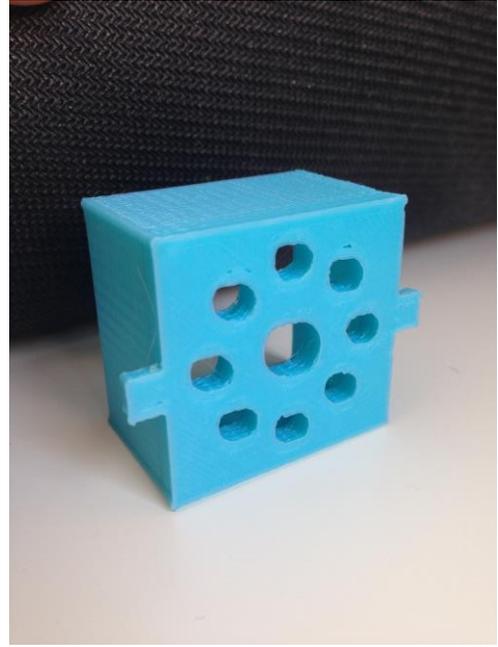


Figura 4-26. Tapadera frontal 2.

Sin embargo, a causa del problema de la máquina 2 antes comentado, como puede verse en la figura 4-26 los agujeros no tienen forma cilíndrica. Por tanto, se repitió de nuevo la pieza en la máquina 1 efectuando algunos cambios: mayor longitud de las paredes para que sirva de abrazadera sobre la unión de las dos partes del depósito, y más espesor a la cara delantera donde están los agujeros para propiciar un mejor acabado de los círculos y darle más consistencia (Figura 4-27). Cuando se sitúa en su posición se ve que no entra. Esto se debe a que en la impresión las dimensiones interiores disminuyen y las exteriores aumentan debido al enfriamiento del material. Para solucionarlo se toman las medidas directamente sobre la carcasa con un pie de rey, y al valor obtenido se le suma de 0.15 a 0.30 mm a modo de offset, para que cuando se imprima quede la medida original. Se repite entonces con las nuevas medidas y se comprueba que encaja a la perfección (Figura 4-28). El tiempo empleado en cada uno de los intentos fue de 39 minutos aproximadamente.

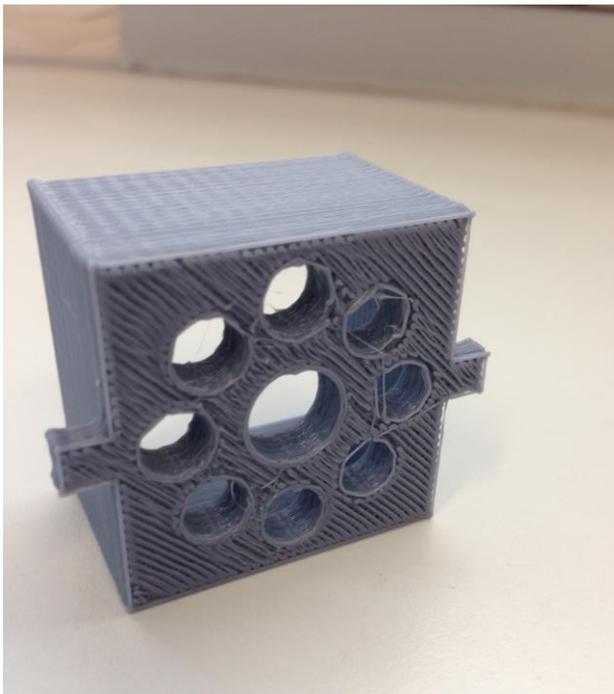


Figura 4-27. Tapadera frontal 3.

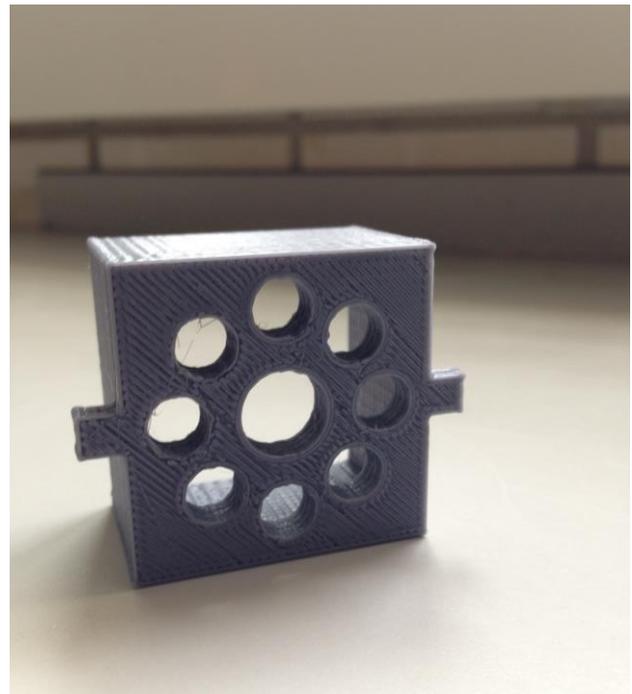


Figura 4-28. Tapadera frontal 4.

El siguiente elemento es la manivela, que en el momento de la impresión se vio que no estaba bien diseñada y había que incorporar una tercera parte, por tanto las partes que la componen son la que se acopla al tornillo sin fin, la manivela, y el eje de la manivela. Ejecutada en un primer momento en la máquina 2 (Figura 4-29), como se ve, de nuevo los círculos no están bien hechos. La primera medida que se toma es cambiar la posición del cilindro de vertical a tumbado sobre la cama caliente, y aunque se consigue que esté mejor (Figura 4-30), debido a que se rompió como se dijo antes se volvió a repetir en la máquina 1, pero sólo la parte en la que el tornillo sin fin entra, dejando la manivela y el eje de ésta finalizados. De nuevo ocurre el mismo problema que antes con la tapadera frontal, no entraba la manivela en el eje, por lo que se toman medidas directamente del eje y se le da el offset a la manivela, y al imprimirla de nuevo ya sí es válida, aunque en la etapa de montaje habrá que lijarla. Se muestran en las figuras 31 y 32 el tercer y el cuarto intento, respectivamente. El tiempo empleado en la parte que se acopla al tornillo sin fin es de 14 minutos, en el eje de la manivela 31 minutos y en la manivela 29 minutos.



Figura 4-29. Primer intento de manivela.

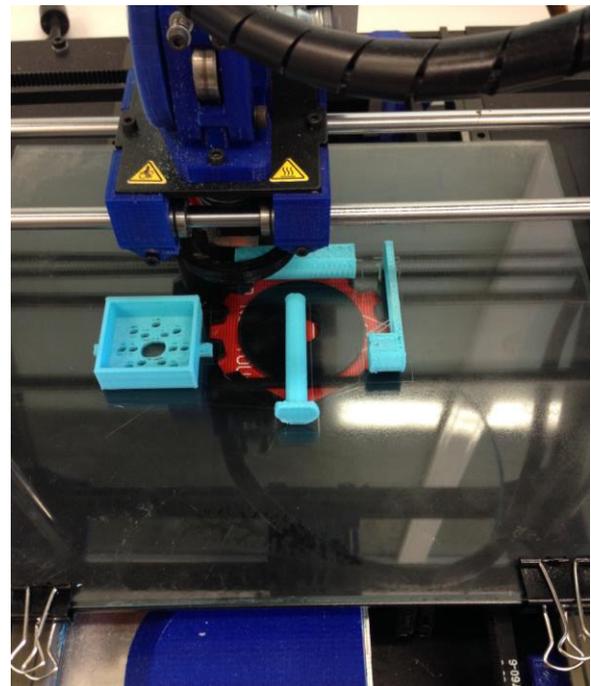


Figura 4-30. A la derecha se sitúa la pieza de la figura 4-29 tumbada, arriba el mango, y en el centro el eje del



Figura 4-31. Tercer intento en la máquina 1, buena forma, pero diámetro interior insuficiente.



Figura 4-32. Conjunto manivela definitivo.

Otra de las piezas importantes por su función, aunque simple, es la tapadera del depósito. En un primer momento, se imprime con la máquina 2 ya que aún no se conocía el fallo de ésta. El resultado fue bueno (Figura 4-33), pero al verla físicamente y sabiendo que la geometría del depósito no es continua a lo largo de éste (debido al warping producido en una de las mitades de la carcasa), se pone en consideración su diseño. Por otro lado, al tener el tornillo sin fin dos pasos diferentes, como se comentó mas arriba, en principio no sería necesario empujar la comida hacia abajo con una pesa sobre la tapadera, por lo que la tapadera puede estar fija en la parte superior. Además, estaría bien darle más consistencia a la unión de la carcasa mediante una abrazadera en el depósito. Con estos motivos, se rediseña y fabrica una tapadera fija que sirva para aislar del aire exterior la comida que hay dentro del depósito y para sujetar la carcasa, por lo que debe quedar ajustada (Figura 4-34). Para conseguir las medidas correctas se mide sobre el depósito fabricado directamente y se le suman 0.2 mm a todas las medidas. El tiempo empleado en la impresión aproximado fue de 30 minutos.

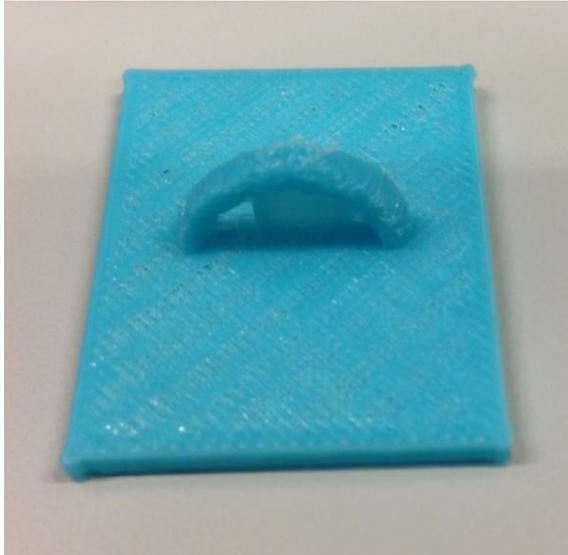


Figura 4-33. Tapadera depósito primitiva.

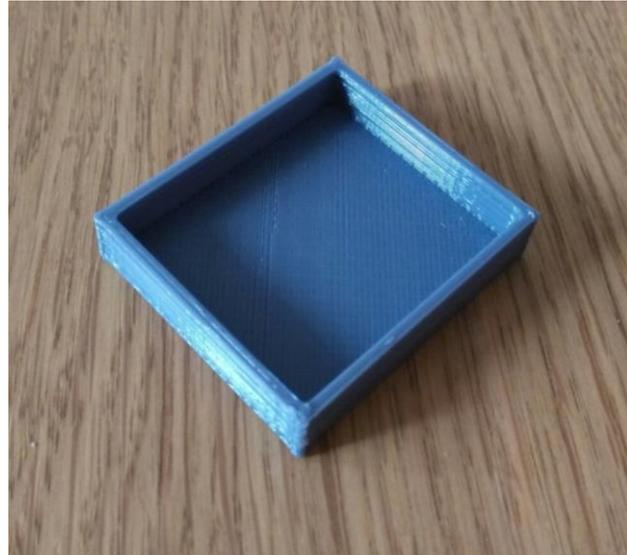


Figura 4-34. Tapadera depósito definitiva.

Por último, la primera vez que se hizo la base surgió un problema de grietas en la primera capa y se paró la impresión (Figura 4-35). No se pudo averiguar a qué se debió exactamente ya que se repitió de la misma manera y salió todo bien (Figura 4-36). El tiempo empleado fue de 3 horas y 22 minutos.

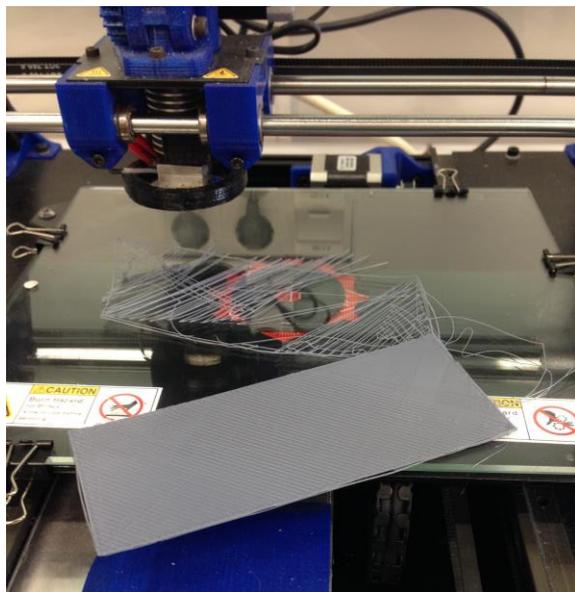


Figura 4-35. Fallo en la fabricación de la base.

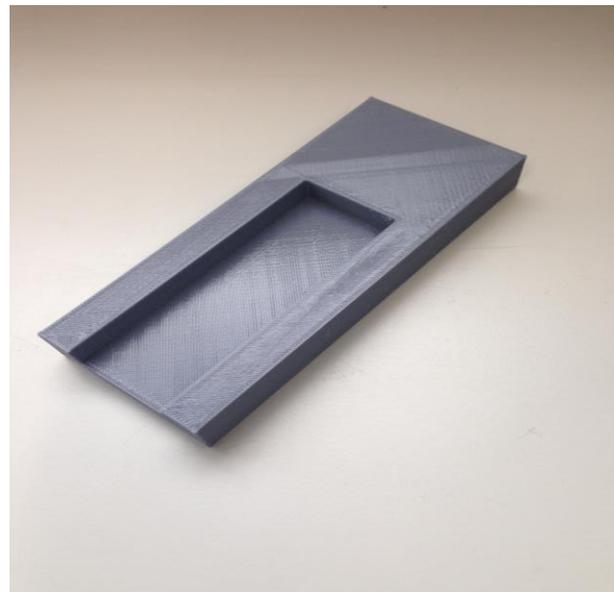


Figura 4-36. Base terminada.

Sin embargo, como se dijo en el apartado de rediseño, al colocar la carcasa sobre la base fabricada no se encuentra la forma de colocarla como puede verse en la figura 4-37 y 4-38. Se taponan los agujeros de salida por un lado y por el otro no queda sitio para girar la manivela. Es decir, no sirve según se planeó pero sí se puede incorporar en un conjunto base-soporte. Este nuevo diseño se piensa con la idea de dejar espacio libre a la manivela para que gire y dejar también libres los agujeros de la tapa frontal.

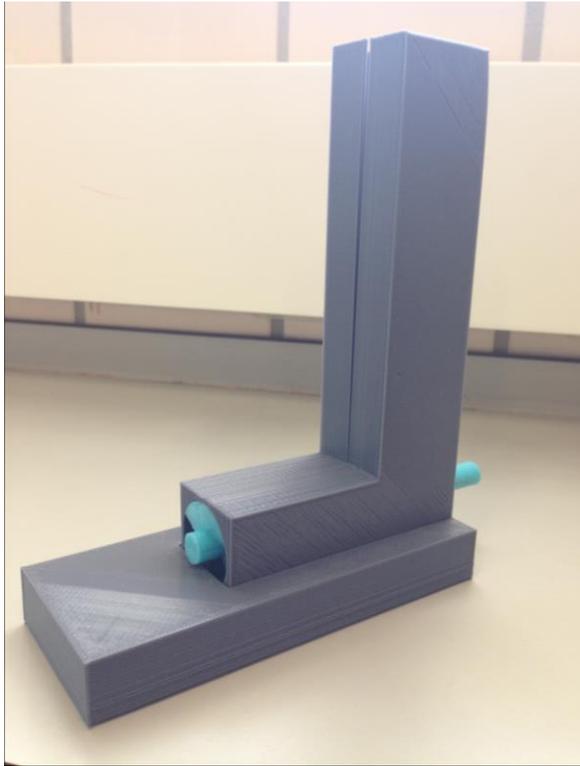


Figura 4-37. Carcasa montada en la base.



Figura 4-38. Carcasa montada en otra posición en la base.

El diseño del soporte de la base es el que se muestra en la figura 4-39, que se dividió en dos partes para su fabricación.

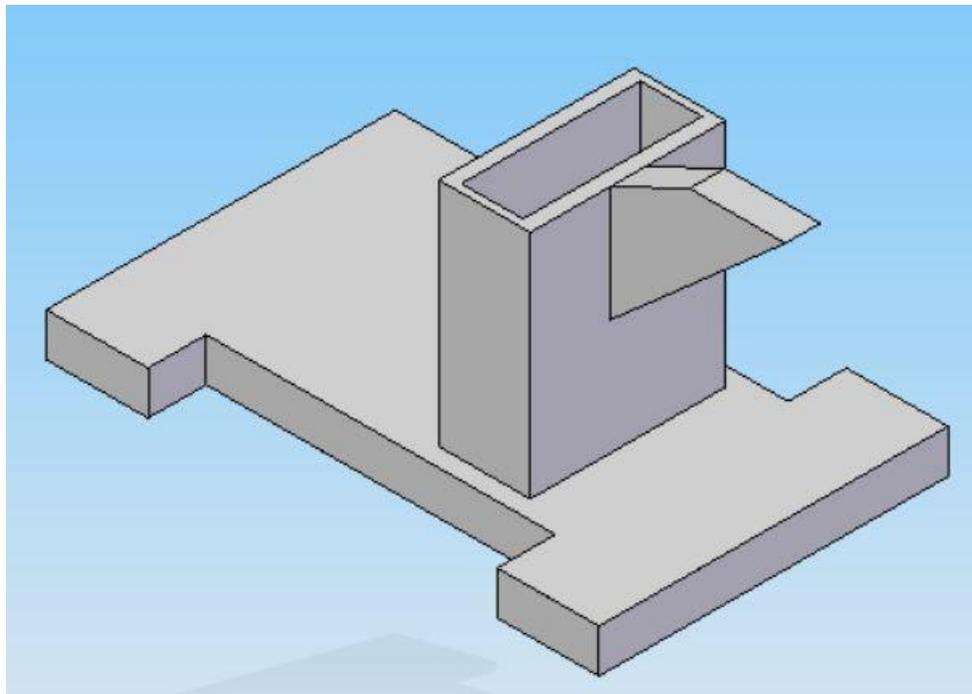


Figura 4-39. Soporte de la base en CAD.

En la siguiente figura (Figura 4-40) se muestra una parte del soporte de la base en fase de fabricación. Hasta ese momento todo estaba bien, sin embargo, debido al calentamiento del motor (el tiempo total era de 7 horas y 31 minutos) el extrusor dejó de echar plástico, por lo que hubo que pausar la impresión para que el motor se enfriara. Pese a esto, no echaba plástico suficiente y hubo que ayudarle con la mano al engranaje para facilitar el paso del cable, ésto dejó una marca clara en la pieza como se ve en la figura 4-41 porque las capas no quedan unidas entre sí, habiendo múltiples huecos y ondulaciones.

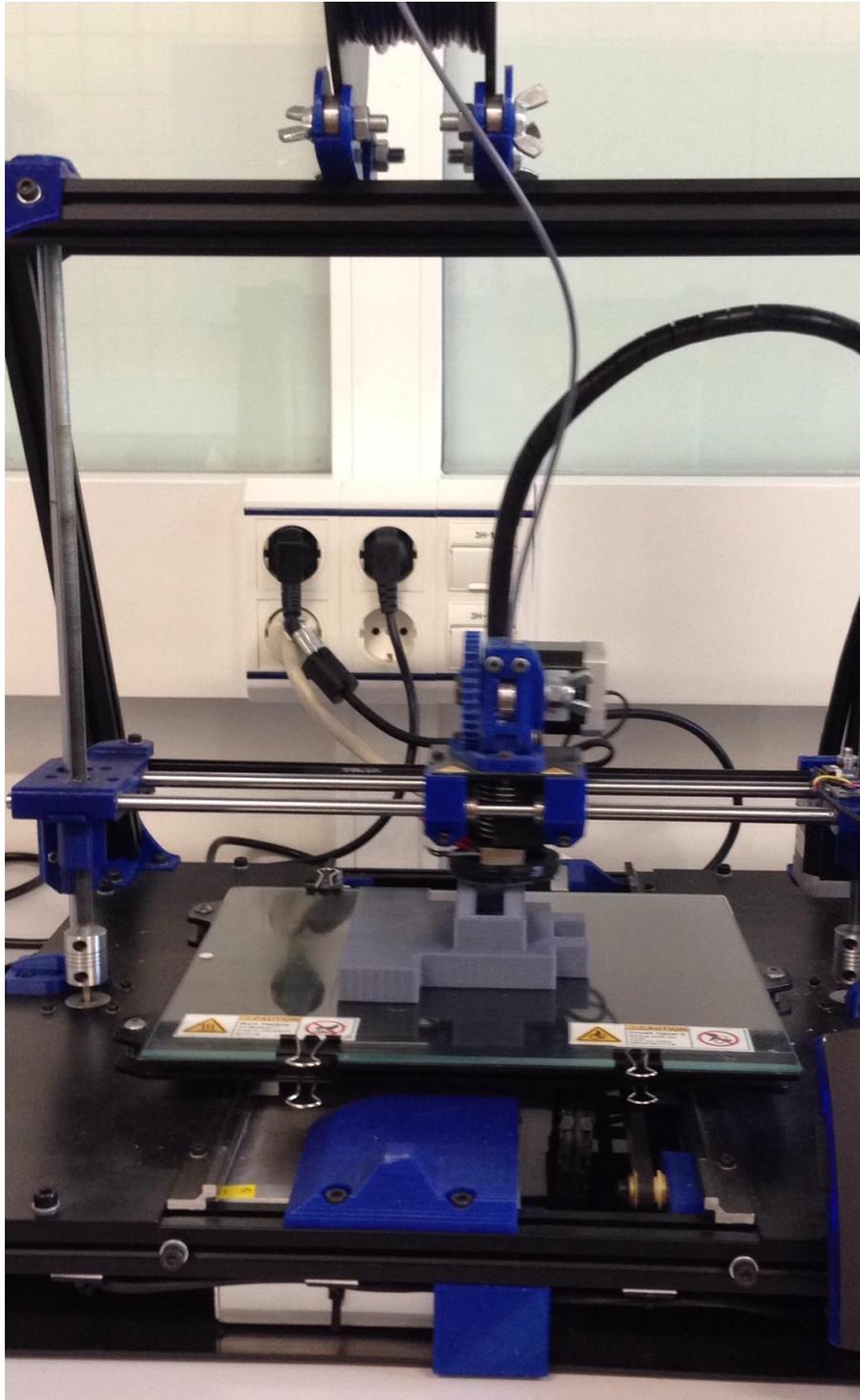


Figura 4-40. Parte del nuevo soporte de la base en construcción.

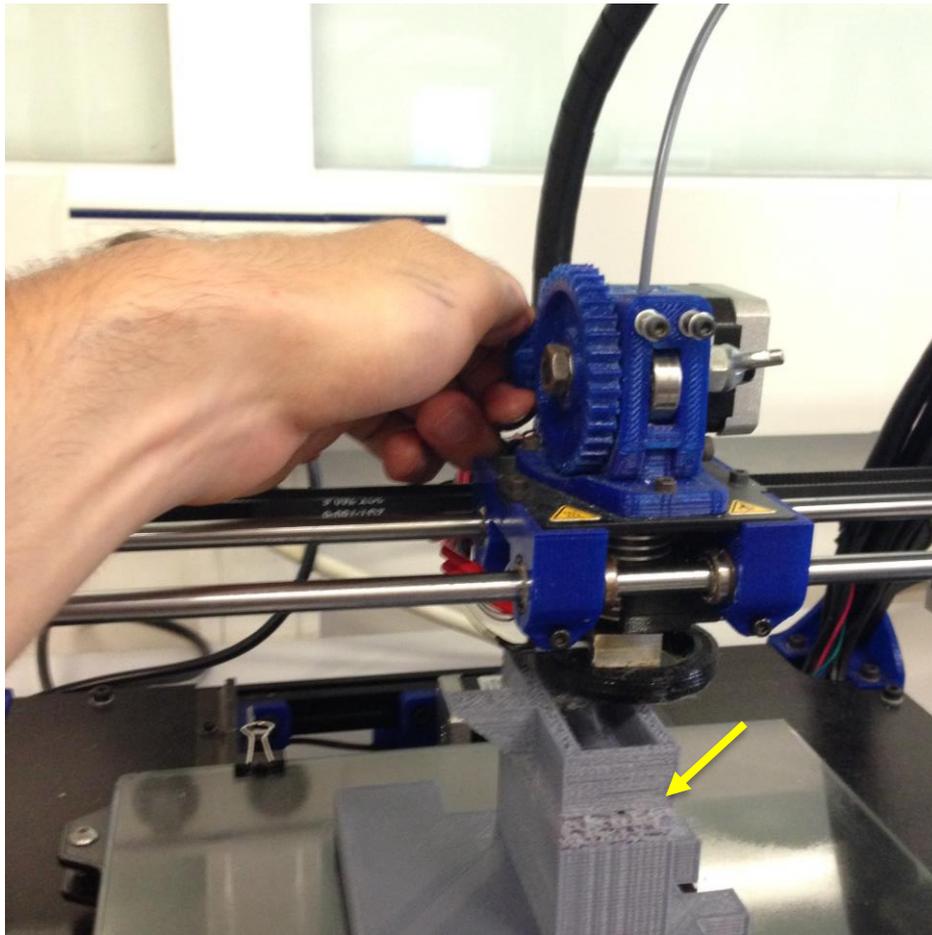


Figura 4-41. Detalle zona afectada por falta de plástico.

La segunda mitad de esta pieza tardó 2 horas y 54 minutos aproximadamente, pero de nuevo volvió a dejar de echar plástico a mitad de impresión y la pieza quedó con la mitad del espesor deseado. Después de valorar el problema se decide utilizarla de todos modos ya que no afecta apenas en el conjunto más que el contrapeso que le hace al aparato, que ahora es menor.

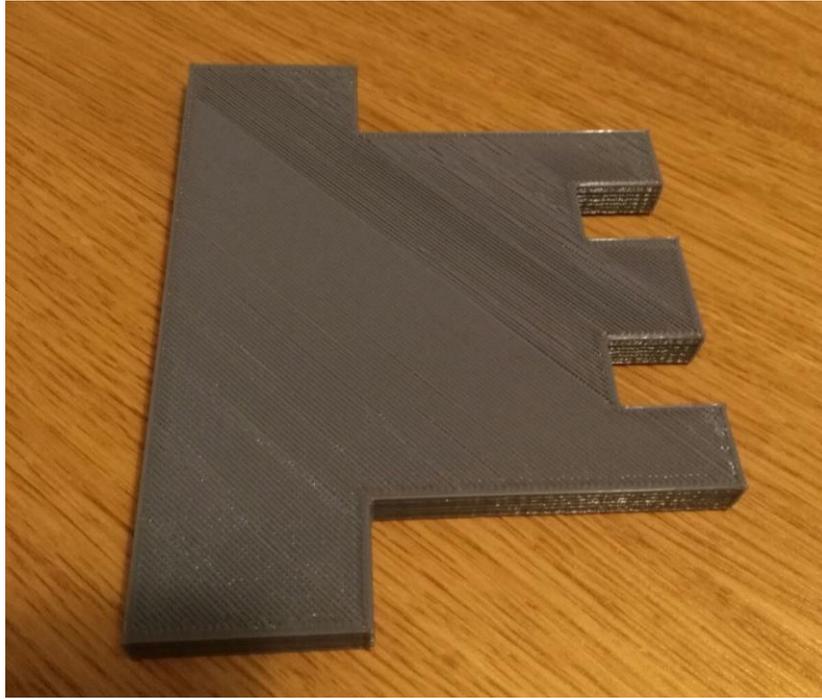


Figura 4-42. Segunda parte del soporte de la base.

Se muestra en la siguiente figura la parte primera del soporte de la base.

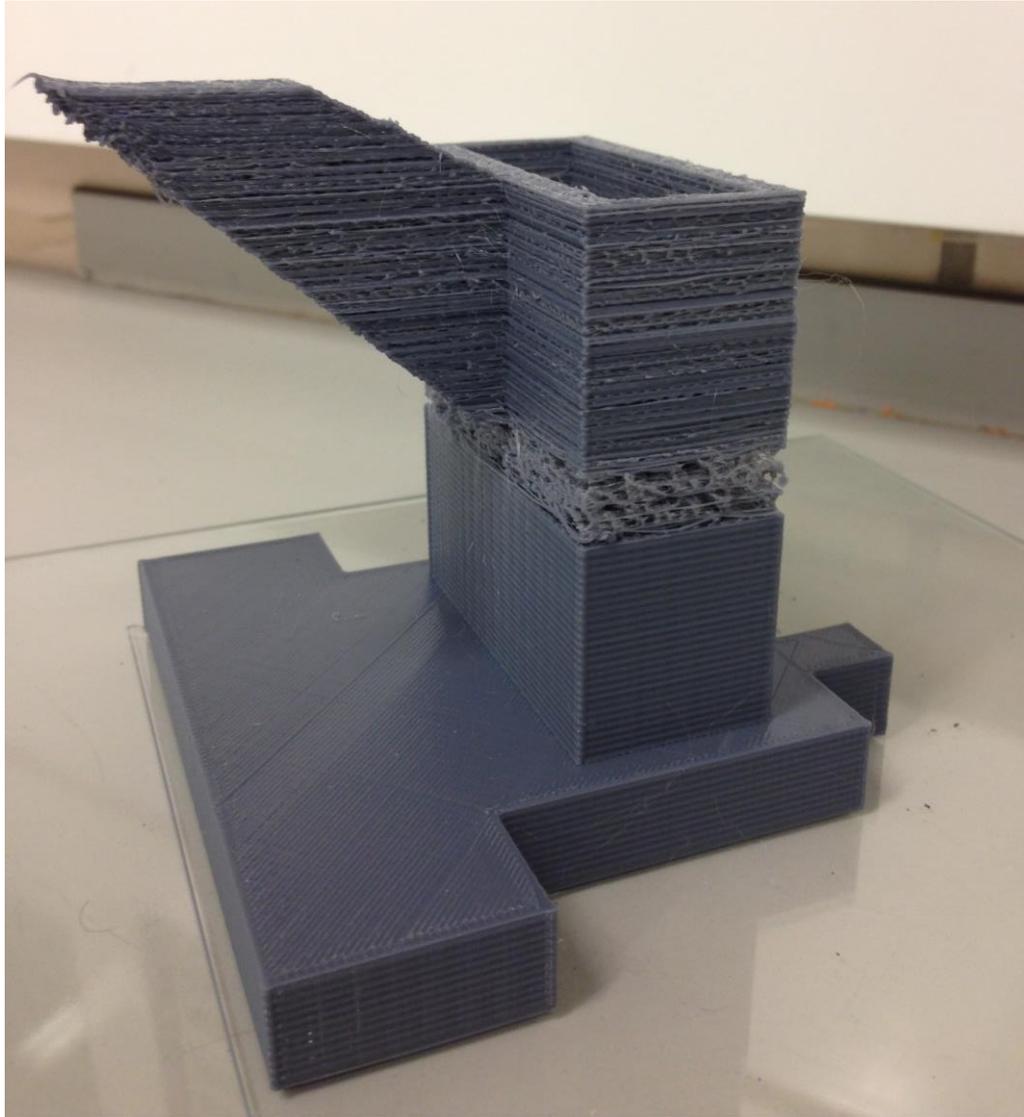


Figura 4-43. Parte primera del soporte de la base. Se observan defectos en la mitad superior.

4.4 Montaje

En este punto ya se tienen todos los componentes necesarios para formar el prototipo, pero se necesita unir aquellas partes de piezas que se hayan dividido para imprimir, limar aquellas zonas que lo precisen, o atornillar otras.

Para las uniones se utiliza LOCTITE SUPER GLUE-3 (Figura 4-44) porque es válido para plásticos y tiene un pegado rápido. Han hecho falta dos botes y el resultado ha sido satisfactorio.



Figura 4-44. Pegamento utilizado.

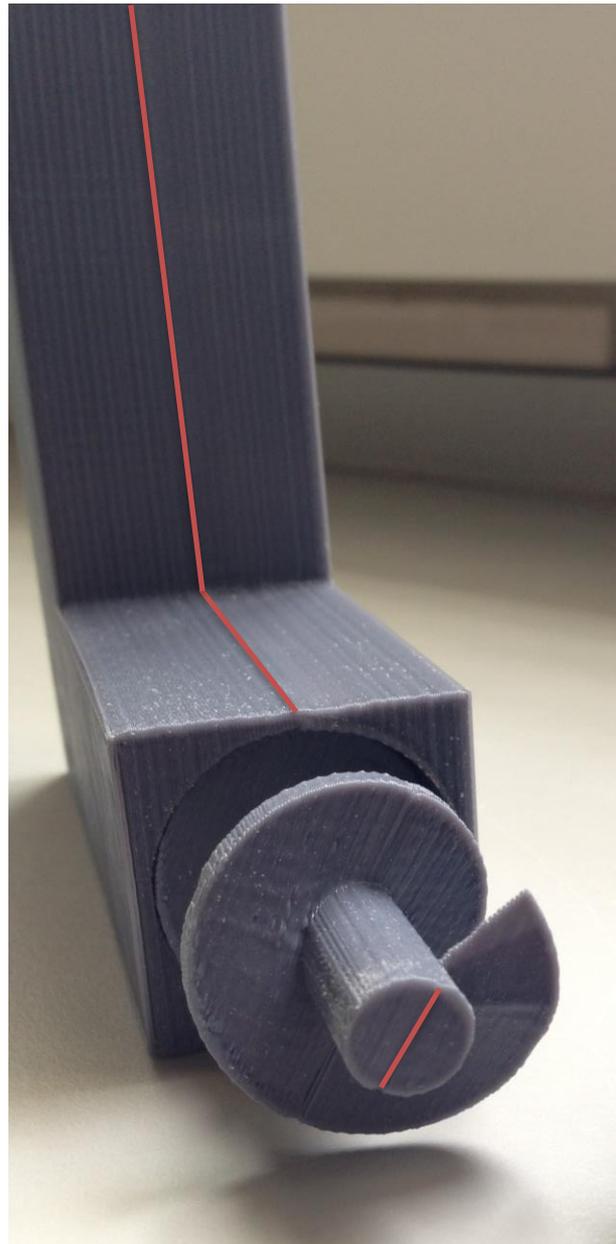


Figura 4-45. Carcasa y tornillo sin fin.

Primero se pegó el tornillo sin fin y después la carcasa (Figura 4-45). En principio, los únicos elementos a pegar junto con las dos partes del soporte de la base. Sin embargo, debido al fallo que hubo en la primera parte del soporte de la base ha sido necesario pegar sobre esa zona unas láminas de plástico recicladas de impresiones fallidas para darle rigidez y evitar que se parta, ya que estaba muy debilitada.

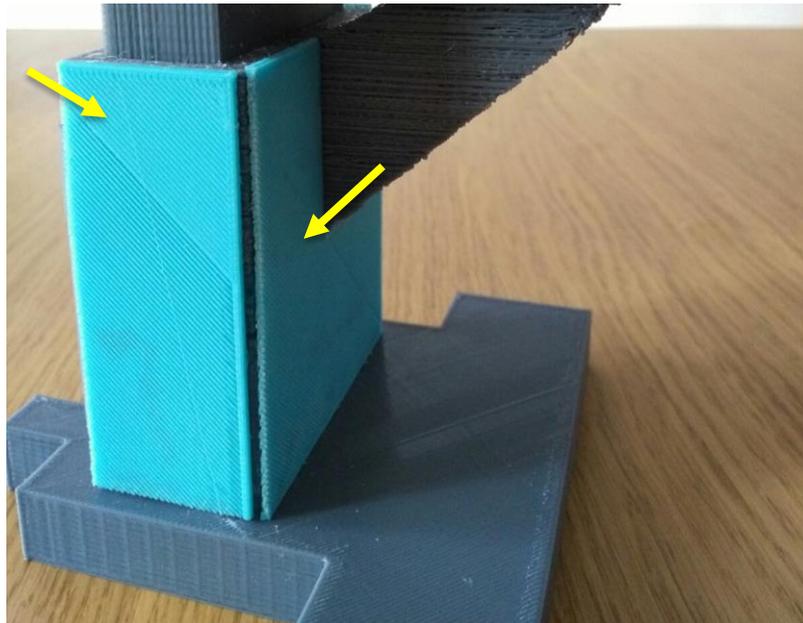


Figura 4-46. Detalle de refuerzos sobre las paredes del soporte.

Lo siguiente fue limar tanto el agujero trasero de la carcasa, como el central de la tapadera frontal para permitir el giro sin roces del tornillo sin fin. También se limó el interior del cilindro para que los álabes del tornillo no rocen con éste pero queden muy cerca para que no se escape comida por esas zonas.

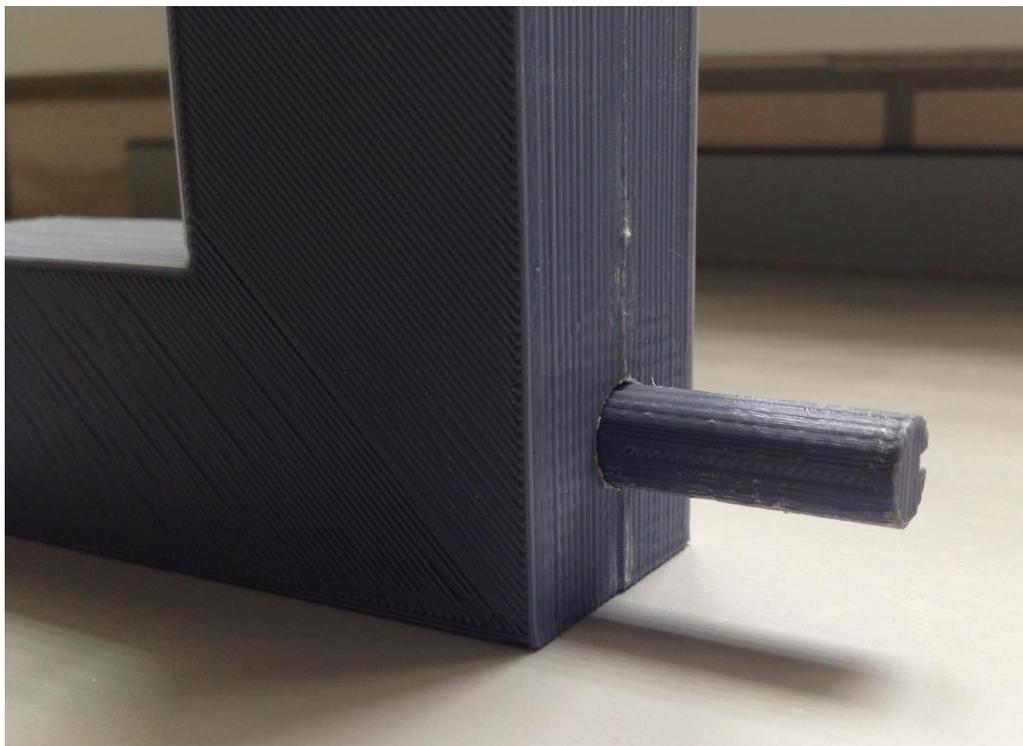


Figura 4-47. Detalle agujero trasero carcasa limado.

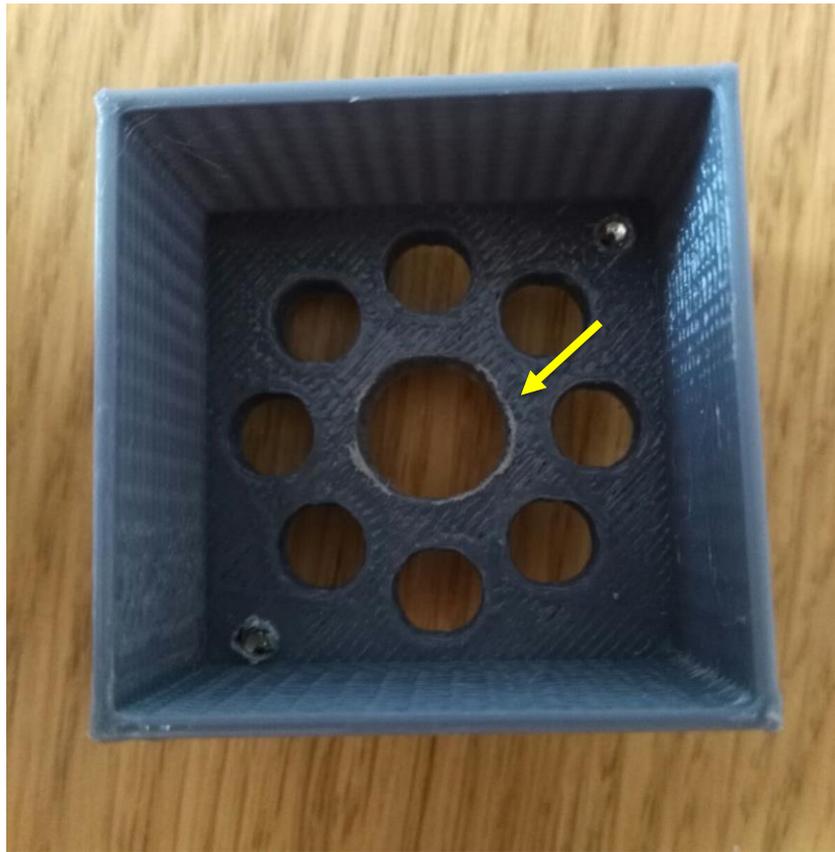


Figura 4-48. Detalle agujero central limado.

También ha sido necesario limar el interior del cilindro de la manivela para hacer que el eje entre con apriete. Debido a que la pestaña que debía entrar en la ranura se ha impreso de manera muy irregular por su escaso tamaño (Figuras 4-49), se decide cambiar la forma de sujetar la manivela al tornillo sin fin retirando este saliente de la manivela con la ayuda de un destornillador plano y un martillo, y haciendo un taladro a la manivela y al eje del tornillo con un trompo (Figura 4-50), para anclarla con un tornillo (Figura 4-51). También se taladra el eje de la manilla de la manivela (Figura 4-52).



Figura 4-49. Detalle saliente en la manivela.

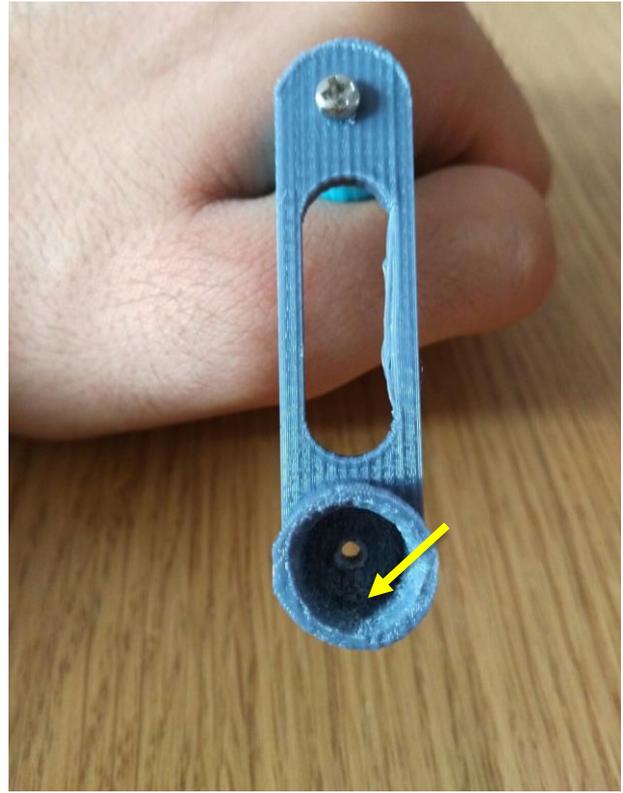


Figura 4-50. Saliente retirado y agujero taladrado.



Figura 4-51. Detalle de la manivela atornillada al sin fin.



Figura 4-52. Detalle del ensamblaje de las tres partes de la manivela.

Para terminar con los taladros, se hacen dos agujeros a la tapadera frontal y a la carcasa, para atornillarla y garantizar la unión durante su uso, pero tener la posibilidad de retirarla con facilidad. Se muestran abajo las imágenes detalle de estos agujeros.

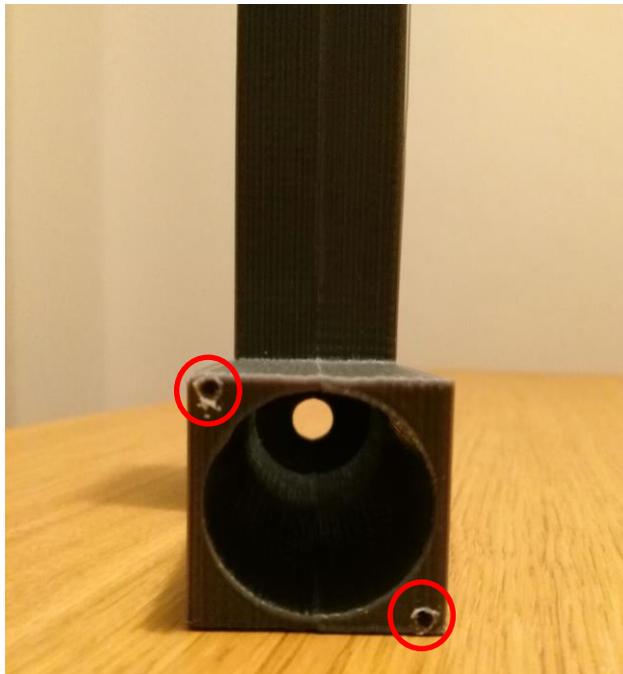


Figura 4-53. Detalle taladros en la carcasa.

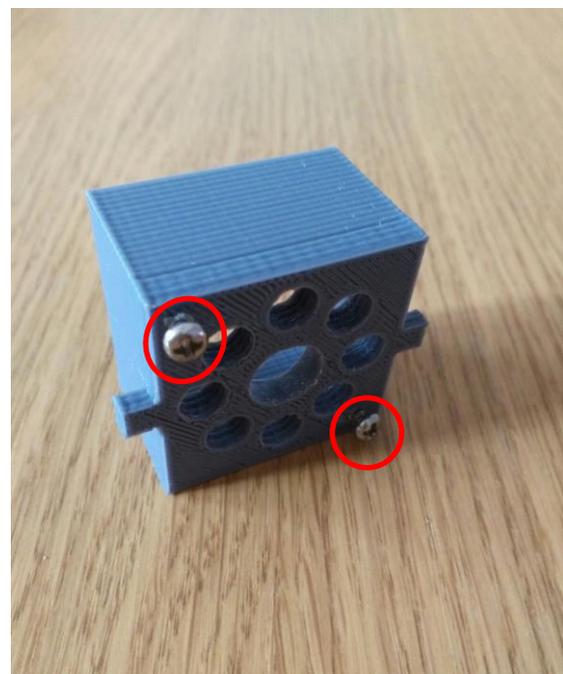


Figura 4-54. Detalle tornillos en la tapadera frontal.

Llegados a este punto, están todas las partes del conjunto ensambladas. Lo único que falta es armar el soporte y la base para colocar la carcasa sobre ella. Se empieza introduciendo a presión la primera pieza que se hizo de la base en la ranura del soporte, pero una rebaba en una arista de la cara inferior de la base impedía que esta pieza entrara hasta el tope porque tropezaba con las paredes (irregulares por el problema que ocurrió en la

impresión). Este problema se ha solucionado limando dicha arista. Una vez queda la pieza situada en su sitio, se coloca la carcasa en su lugar y se observa que el apoyo del tramo horizontal de la carcasa es demasiado alto y toca con la carcasa antes de que ésta llegue a situarse en el tope de la base como se ve en la siguiente figura.

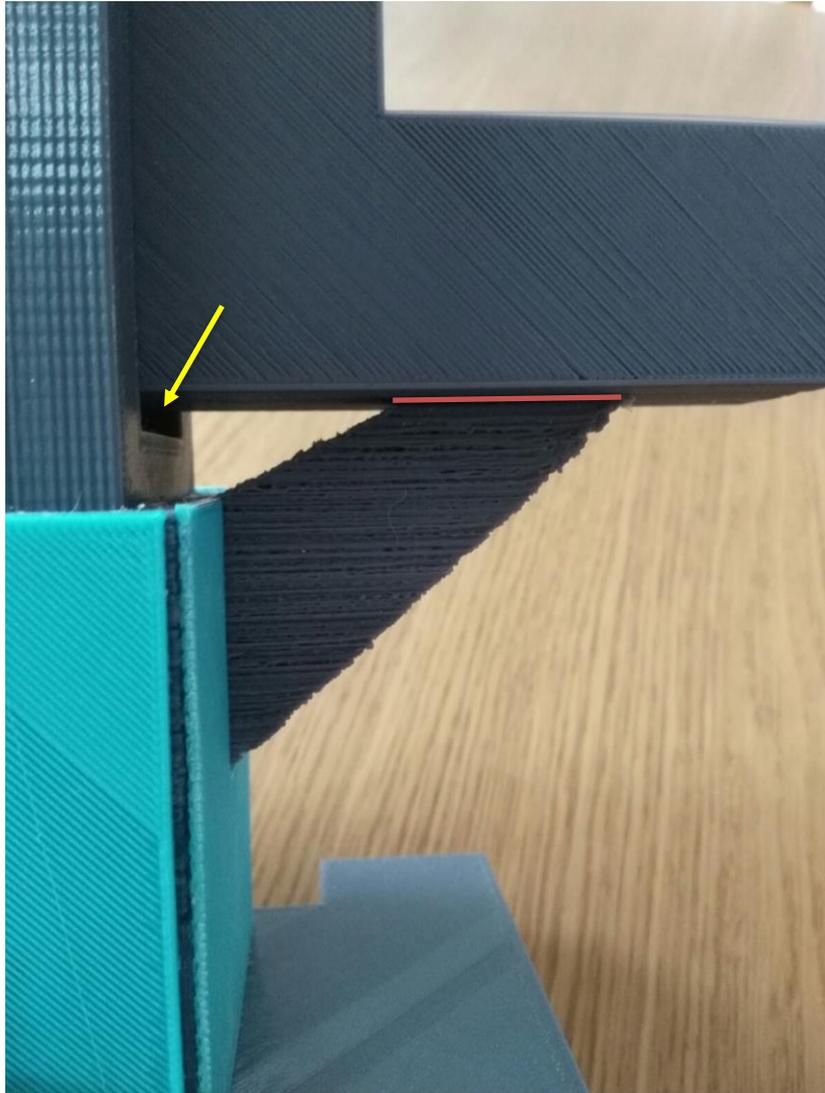


Figura 4-55. Detalle del hueco que queda entre la carcasa y la base debido al choque con el apoyo.

Para solventar este problema se ha retirado la cantidad necesaria de material del apoyo mediante el empleo de un destornillador plano y un martillo, separando las capas de material, y posteriormente se ha limado la superficie para dejarla plana. Ahora sí, se coloca correctamente la carcasa en su sitio. Una vez que se tiene la base y el soporte montados, se marca en la base un círculo de 10 mm por donde tiene que pasar el tornillo sin fin con la ayuda de un rotulador y el contorno del agujero trasero de la carcasa. (Figura 4-56). Con un taladro y una broca de 10 mm se hace el agujero citado y ya se está en disposición de hacer el montaje completo del sistema (Figura 4-57). Sin embargo, fue necesario limar este agujero para agrandarlo un poco y permitir el giro libre del tornillo sin fin, además de volver a limar el agujero central de la tapadera frontal porque se quedaba el tornillo atrancado.



Figura 4-56. Detalle de la rebaja del apoyo y del círculo marcado en la base.



Figura 4-57. Detalle de la parte trasera de la base con el tornillo sin fin pasando por el taladro realizado.

Finalmente, el montaje ha terminado y se pasa a la siguiente etapa, la experimentación con el prototipo para evaluar su funcionamiento.

5 EXPERIMENTACIÓN

Si toda cosa ocurriera como a mí me gusta o como la hubiera planeado nunca experimentaría algo nuevo. Mi vida sería una repetición infinita de viejos resultados, cuando cometo un error experimento algo inesperado.

Hugh Prather, 1938

En este capítulo se va a hacer una prueba de la máquina que va a consistir básicamente en verter la comida por la tapa superior y comprobar que sale correctamente por los agujeros delanteros. Además, se verificará la estabilidad de la carcasa durante su uso y la correcta conservación del alimento.

5.1 Salida del alimento.

- Prueba con yogur

La primera prueba realizada se lleva a cabo empleando yogur en lugar de comida para mascotas porque la textura es parecida y la intención aquí simplemente es la de comprobar que el sistema funciona. Para ello se rellena el depósito de yogur por la parte superior con una cucharilla, se pone la tapadera y, a continuación, se mueve la manivela.



Figura 5-1. Llenado del depósito.

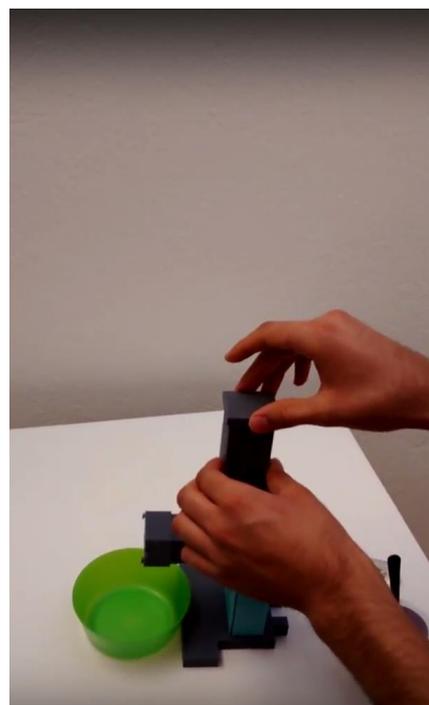


Figura 5-2. Colocación de la tapadera.



Figura 5-3. Manivela en acción. El yogur empieza a salir.

Se muestran a continuación una serie de imágenes del conjunto después de la prueba.



Figura 5-4. Conjunto y recipiente con yogur.

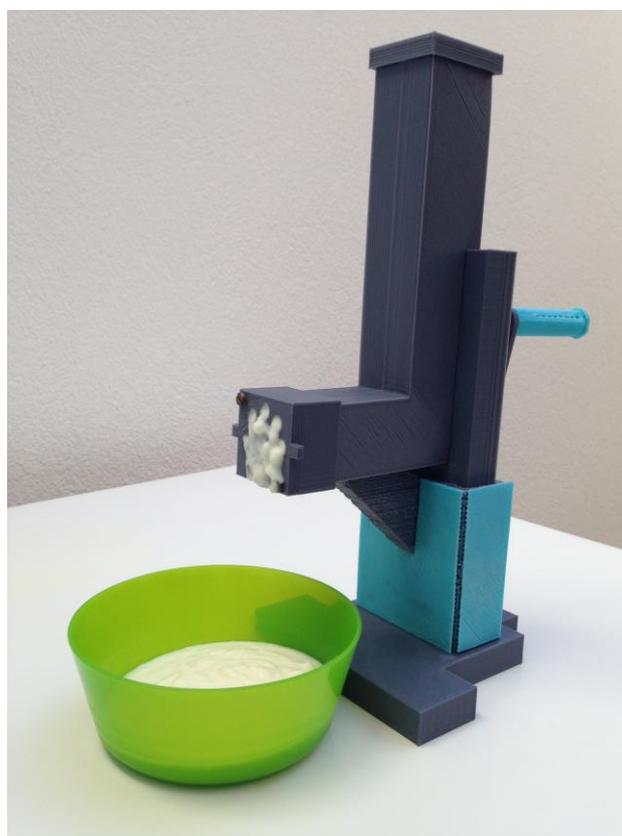


Figura 5-5. Detalle de la cara frontal.

Como puede verse cuando se para la manivela, y por lo tanto, deja de salir yogur, la tapadera frontal queda totalmente impregnada de yogur. Esto puede ser un problema si no se retira por los olores que la comida húmeda puede desprender, sin embargo, no se le da mucha importancia porque se cree que el animal va a lamer los restos que queden en esa zona dejándola prácticamente limpia.

La otra observación que se hace es que hay que girar la manivela a izquierdas para que salga el yogur en lugar de a derechas, esto se debe a que la orientación de los álabes está al revés. Para el prototipo no supone ningún problema, pero sí se toma como mejora para siguientes avances en este proyecto con idea de accionar el tornillo con un motor eléctrico.

- Prueba con comida húmeda sin grumos

Visto que todo funciona correctamente con la prueba del yogur, ahora se vuelve a repetir la prueba usando comida húmeda para gatos en tarrinas o latas (Figura 5-6). Es un producto más espeso que el yogur pero no tiene trozos de comida, sino que todo está triturado, es una especie de foie gras. (Figura 5-7).



Figura 5-6. Lata de comida húmeda para gatos.

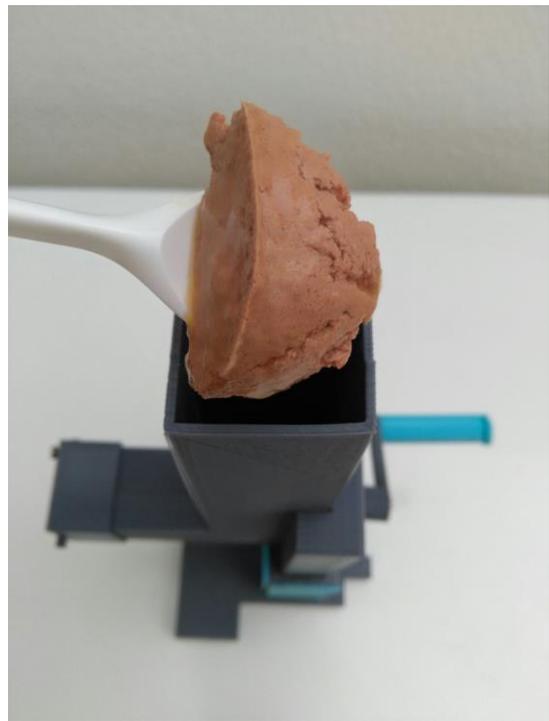


Figura 5-7. Detalle de la textura del contenido de la lata.

Como antes, se vierte el contenido en el interior del depósito y se acciona la manivela. Pero antes de poder accionarla, se advierte que gotea caldo por el hueco entre la tapadera frontal y la carcasa, y también por el agujero trasero de la carcasa (Figura 5-8).

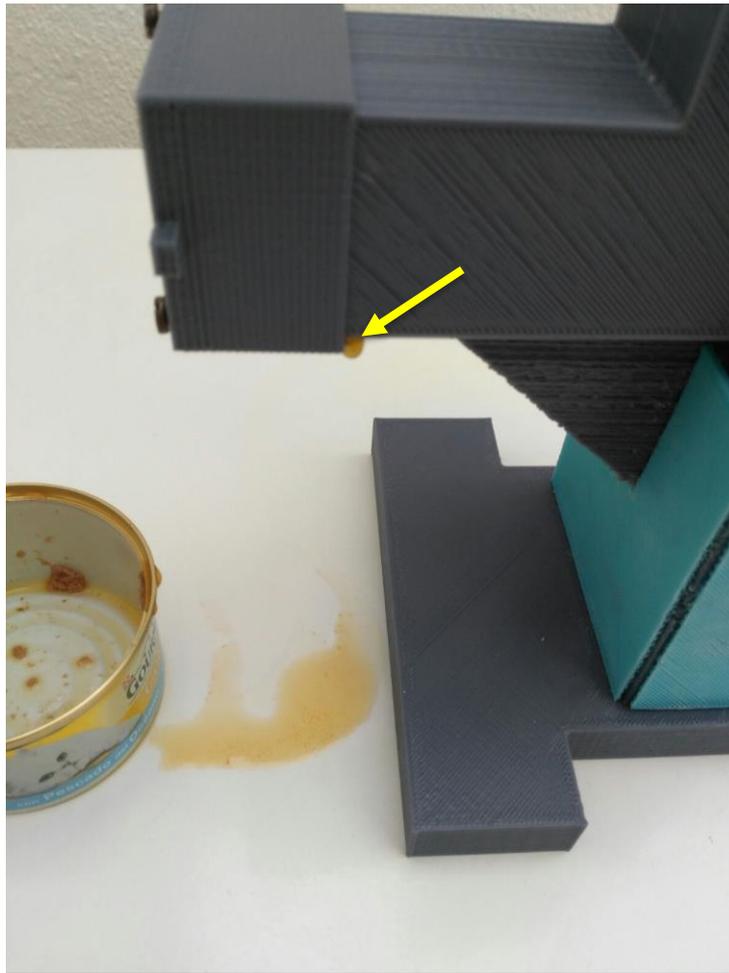


Figura 5-8. Detalle de una gota de caldo a punto de caer.

A priori, la filtración de la tapadera no es preocupante ya que se trata de un prototipo y, si se recuerda, la unión del diseño real es una rosca, por tanto no se cree que pueda seguir saliendo en un modelo fabricado con este tipo de unión. Sin embargo, en la parte trasera sí que es necesario colocar una junta de goma para sellar el espacio libre entre el eje del tornillo y el agujero de la carcasa.

Visto esto, se mueve la manivela y se ve que es capaz de salir perfectamente cierto tiempo, hasta que deja de salir. Esto es porque la comida se queda pegada en el depósito y no baja, por tanto no alimenta al sin fin como se pensaba. Puede deberse al material plástico, que al ser rugoso no deja deslizar el alimento hacia abajo. Aunque se piensa que en el modelo real fabricado en acero inoxidable este problema no existirá, la solución más inmediata pasa por conservar la idea primera que se concibió, es decir, colocar una tapadera móvil con peso encima para empujar a la comida y así facilitar su desplazamiento por el depósito.

De todos modos, una vez se haga el diseño del depósito real habrá que hacer una prueba de nuevo con el modelo fabricado en acero inoxidable para ver si es necesaria una tapadera móvil, ya que si la geometría del depósito es variable no puede colocarse una tapadera que se traslade por su interior.



Figura 5-9. Dispositivo después de dispensar comida húmeda de lata.

Ahora, debido al reducido tamaño de los agujeros de la tapa frontal, se decide hacer una tercera prueba con comida húmeda con grumos para comprobar si hay atrancos o no.

- Prueba con comida húmeda con grumos

En este caso el producto utilizado tiene la diferencia con respecto a los dos anteriores de que tiene trozos no triturados, es una gelatin con trozos de comida, en este caso atún (Figuras 5-10 y 5-11). La prueba, al igual que las anteriores, se lleva a cabo vertiendo la comida en el interior del depósito (Figura 5-12) y posteriormente actuando la manivela.



Figura 5-10. Envase del producto.



Figura 5-11. Detalle de la textura del contenido de la bolsa.



Figura 5-12 Depósito llenado con el contenido de la bolsa.

Al principio salía con facilidad, pero a medida que los agujeros fueron llenándose, la manivela estaba más dura, hasta el punto de pasarse la rosca del tornillo que une la manivela con el eje del tornillo sin fin. Se retira entonces la manivela y se gira directamente con la mano sobre el tornillo. Es necesario mucho par, incluso así llega un momento en el que se atranca por completo. Como conclusión se saca que se necesitan unos agujeros más grandes, en lugar de 7 mm unos 10 mm se piensa que podría servir.

En contrapunto a lo ocurrido con la comida de lata, la de bolsa no necesita presión para bajar por el depósito. Sin embargo, para poder utilizar ambos formatos de comida, se mantendrá la decisión tomada antes de colocar peso sobre la tapadera del depósito.



Figura 5-13. Dispositivo después de dispensar comida húmeda de bolsa.

5.2 Estabilidad

La estabilidad del aparato es fundamental para asegurar el correcto funcionamiento del sistema. Después de hacer las pruebas, se ve que si no se sujeta la carcasa contra la base, ésta se mueve por el giro de la manivela porque hace que el tornillo sin fin choque con algunas zonas, por ejemplo la punta del tornillo con el agujero en el que se apoya de la carcasa, los álabes del tornillo sin fin con el interior del cilindro, o la parte trasera del tornillo sin fin con el agujero de la base. Esto no supone un problema porque al no estar la base fijada al suelo, y tener que sujetarla con la mano, es igual sujetarlo por la carcasa y así evitamos que se mueva. Este problema de cara a un futuro en el que el sistema se automatice, bastaría con atornillar la carcasa a la base por la parte trasera, más arriba de la manivela.



Figura 5-14. Detalle de la mano sujetando la carcasa contra la base.

Por lo demás, no hay más elementos que se hayan salido, despegado, aflojado, o roto durante las pruebas. En principio, se puede considerar que la estabilidad del conjunto es buena.

5.3 Conservación

Finalmente, el último aspecto por valorar es la conservación del alimento y el desprendimiento de malos olores. Para esto se deja el sistema cargado de comida tras la última prueba con alimento en formato de bolsa durante 1 semana en una habitación cerrada de 1x1x3. En la realidad, cuando esté funcionando la comida que queda en los agujeros en contacto con el aire no pasa más de 12 horas, ya que al menos hay dos dispensaciones por día típicamente. Además, los agujeros quedan plenamente taponados por la comida, no dejando huecos libres para el paso de aire. Por arriba la tapadera impide el paso de aire. Esto ayuda a la buena conservación.

Se miran tanto la calidad del alimento, es decir, si aún permanece húmeda y, por otro lado, si hay mal olor que se desprende del aparato. Para esto es fundamental evitar lo que se ve en el apartado anterior de fugas de caldo, ya que será esto lo que provoque malos olores.

Los resultados fueron satisfactorios, incluso mejores de los esperados. Pese a que el espacio del recinto es muy pequeño y que apenas hay ventilación, no huele en absoluto. Gracias al taponamiento de los agujeros delanteros como se decía más arriba, los olores que se generan en el interior de la carcasa no pueden salir, y por la parte superior tampoco porque está la tapadera. Por tanto, se consigue hermetizar la carcasa como se pretendía en el diseño. Esto a su vez conlleva que la conservación de la comida sea buena puesto que no está en contacto con el aire. Lo ideal sería cada vez que se recargue el depósito de comida, hacerlo de manera que quede lleno completamente para reducir el aire en su interior.

6 CONCLUSIONES

Ahora que se han dado por alcanzados los objetivos del proyecto, llega la hora de sacar algunas conclusiones sobre el trabajo realizado. Se ha logrado construir un prototipo capaz de almacenar y dispensar (manualmente, aunque se ha diseñado y elegido el motor para automatizar el sistema) comida húmeda para mascotas. Esto supone que por primera vez se ha inventado un sistema para tal fin.

En un principio era un gran reto debido a problemas por solventar como la apertura de envases, la conservación de la calidad del alimento, y el desprendimiento de olores.

Para dar solución a estos problemas, se ha llevado a cabo un proceso iterativo en la fase inicial de diseño en el que se han ido descartando los modelos que no se ajustaban a los requerimientos impuestos hasta llegar al modelo definitivo. Posteriormente, se materializó la idea con la fabricación y montaje del prototipo utilizando las máquinas de FDM, aprovechando la flexibilidad que ofrece esta tecnología en cuanto a diseño y tiempo.

Finalmente, gracias a la construcción y experimentación del prototipo se han podido sacar valoraciones, detectando ciertos fallos, que son los citados en el apartado anterior y serán las modificaciones que habrá que hacer sobre el diseño para obtener un producto útil, efectivo y optimizado. Sin embargo, en términos generales los resultados han sido satisfactorios porque se ha visto que puede funcionar esta propuesta de solución para el problema que se planteaba al comienzo del proyecto.

6.1 Trabajos futuros

Como se dijo al principio, la continuación natural a este trabajo es completar el diseño del resto de la 'estación', para hacerla programable y que funcione de manera automática.

A partir de este punto, queda todavía mucho trabajo por realizar para materializar la idea a la que se hacía referencia al comienzo del documento. Hacer algunas mejoras sobre el prototipo en base a lo que se ha aprendido con la experimentación, implementar el diseño de este prototipo en un sistema más grande que incorpore pienso granulado y agua además de comida húmeda, y lo más importante, automatizar todo el conjunto para no tener más que rellenar manualmente los depósitos de comida y agua, y programar los intervalos de dispensación. Con respecto al pienso granulado, ya existen dispositivos de este tipo por lo que no supondrá una tarea muy complicada. Será la parte electrónica y de control la que llevará más tiempo debido a que en un principio la idea era poder manejar el dispositivo desde un smartphone, aunque antes de eso se utilizará una pantalla del tipo LCD pequeña con unos botones para su configuración.

Más adelante también será necesario desarrollar un modelo de negocio con el objetivo de crear una empresa que fabrique y comercialice este producto, para culminar así con la materialización de la idea.

REFERENCIAS

- [1] «European Patent Office,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.epo.org/learning-events/european-inventor/finalists/2014/hull.html>. [Último acceso: 26 07 2017].
- [2] «Wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_RepRap . [Último acceso: 26 07 2017].
- [3] M. P. Rodríguez, *Análisis técnico-económico de técnicas de fabricación aditiva para aplicación en diferentes sectores industriales.*, Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2012.
- [4] T. Kellner, «GE Reports,» 20 06 2017. [En línea]. Available: <http://www.ge.com/reports/3d-printed-bionic-parts-revolutionize-aerospace-design/>. [Último acceso: 27 07 2017].
- [5] «pd models,» [En línea]. Available: http://www.pdmodels.co.uk/en/blog/3dprinting/biomedical_applications_for_3d_printing.html. [Último acceso: 27 07 2017].
- [6] «Thompson Precision,» [En línea]. Available: <https://www.thompsonprecision.co.uk/rapid-prototyping-gallery/>. [Último acceso: 27 07 2017].
- [7] S. KALPAKJIAN, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Quinta edición. (Capítulo 20), México: PEARSON EDUCACIÓN, 2008.
- [8] «3T RPD,» [En línea]. Available: <https://www.3trpd.co.uk/case-studies/photo-gallery.htm/nggallery/slideshow>. [Último acceso: 27 07 2017].
- [9] J. M. L. Ruíz, «Patentados,» 16 12 2008. [En línea]. Available: <http://patentados.com/patente/mecanismo-de-extraccion-para-maquinas-expendedoras-automaticas/>. [Último acceso: 03 08 2017].
- [10] «Google Imágenes,» [En línea]. Available: <https://www.google.es/imghp?hl=es&tab=wi>. [Último acceso: 10 08 2017].
- [11] «Leon3D,» [En línea]. Available: <http://www.leon-3d.es/guia-de-resolucion-de-problemas/>. [Último acceso: 17 08 2017].
- [12] ARGOS, «ARGOS Portal Veterinaria,» 02 04 2009. [En línea]. Available: <http://argos.portalveterinaria.com/noticia/2040/actualidad/beneficios-de-la-comida-humeda-para-mascotas.html>. [Último acceso: 12 07 2017].
- [13] American Pet Products Associations, «APPA,» 2017. [En línea]. Available: http://www.americanpetproducts.org/press_industrytrends.asp. [Último acceso: 11 07 2017].
- [14] FEDIAF, «<http://www.fediaf.org/>,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.fediaf.org/who-we-are/facts-and-figures.html>. [Último acceso: 11 07 2017].

- [15] El País, «El País,» 16 03 2017. [En línea]. Available: https://economia.elpais.com/economia/2017/03/15/actualidad/1489603728_054274.html. [Último acceso: 11 07 2017].
- [16] S. Blázquez, «El País,» 27 06 2015. [En línea]. Available: https://economia.elpais.com/economia/2015/06/26/actualidad/1435315494_296503.html. [Último acceso: 11 07 2017].
- [17] D. PHILLIPS-DONALDSON, «PetfoodIndustry.com,» 06 04 2016. [En línea]. Available: <http://www.petfoodindustry.com/blogs/7-adventures-in-pet-food/post/5739-southeast-asia-pet-food-market-shows-strong-growth>. [Último acceso: 12 07 2017].
- [18] A. Wolf, «the balance,» 19 02 2017. [En línea]. Available: <https://www.thebalance.com/the-world-pet-market-booms-2660629>. [Último acceso: 12 07 2017].
- [19] CUSTOMPART.NET, «CUSTOMPART.NET,» [En línea]. Available: <http://www.custompartnet.com/wu/additive-fabrication>. [Último acceso: 26 07 2017].
- [20] C. Bolgar, «3ds,» 04 11 2016. [En línea]. Available: <http://blogs.3ds.com/perspectives/why-additive-manufacturing-works-for-the-aerospace-industry/>. [Último acceso: 2017 07 26].
- [21] Angelatedo, «Youtube,» 06 2013. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/user/angelatedo/search?query=pistola>. [Último acceso: 07 08 2017].
- [22] «Alibaba,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/30rpm-electric-gear-motor-24v-for-roisserie-60495101897.html?s=p>. [Último acceso: 07 08 2017].
- [23] F. Tejer, «GrabCad,» 12 02 2015. [En línea]. Available: <https://grabcad.com/library/tornillo-sin-fin-2>. [Último acceso: 26 06 2017].
- [24] «Aceros Rago,» [En línea]. Available: <https://www.acerosrago.com/el-acero-inoxidable/>. [Último acceso: 20 08 2017].
- [25] Autor, «Este es el ejemplo de una cita,» *Tesis Doctoral*, vol. 2, nº 13, 2012.
- [26] O. Autor, «Otra cita distinta,» *revista*, p. 12, 2001.

