

**SIMULTANEIDAD EN INGENIERIA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y  
AUTOMÁTICA E INGENIERIA MECÁNICA**

***INGENIERIA MECÁNICA***

**DISEÑO DE UN AUTOMATISMO SPD**

**Memoria**

ÁLVARO REDONDO INFANTES

**PONENTE: SERGIO MORALES PLANAS**

VERANO 2022



El placer más noble es el júbilo de comprender. -Leonardo da Vinci.

El primer paso es establecer que algo es posible; entonces la probabilidad ocurrirá. -

Elon Musk.



## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a mis padres quienes me han brindado la oportunidad de acceder a una enseñanza de calidad.

Seguidamente a todos mis seres queridos que me han estado apoyando en los buenos y no tan buenos momentos que he tenido a lo largo de mi formación de estudios superiores.

Finalmente agradecer a aquellos profesores del centro que me han transmitido conocimientos necesarios para poder crecer y desarrollar este proyecto y en especial a mi tutor Sergio por ofrecerme su constante ayuda para poder progresar en este trabajo y por no dejar que me rinda.



## **Resum**

Aquest treball de final de grau consta de la realització del disseny d'un producte nou que no està incorporat en el mercat, però que, segur que té un impacte positiu tant a escala empresarial com, sobretot, en l'àmbit d'usuari.

Per a dur-ho a terme s'han estudiat els problemes més comuns associats als sistemes SPD, les edats dels usuaris que fan ús dels mateixos i arran de tot això, s'ha dissenyat un producte innovador, de reduït cost, amb funcions pensades i enfocades a un ús fàcil, especialment per a la tercera edat.

## **Resumen**

Este trabajo de final de grado consta de la realización del diseño de un producto novedoso que no está incorporado en el mercado, pero que, seguro que tiene un impacto positivo tanto a nivel empresarial como, sobre todo, a nivel de usuario.

Para llevarlo a cabo se han estudiado los problemas más comunes asociados a los sistemas SPD, las edades de los usuarios que hacen uso de estos y a raíz de todo ello, se ha diseñado un producto innovador, de reducido coste, con funciones pensadas y enfocadas a un uso fácil, especialmente para la tercera edad.

## **Abstract**

This final degree project consists of the realization of the design of a novel product that is not incorporated into the market, but that, surely, has a positive impact both at the business level and, above all, at the user level.

To carry it out, the most common problems associated with SPD systems have been studied, the ages of the users who make use of them and because of all this, an innovative product has been designed, of reduced cost, with functions designed and focused on easy use, especially for the elderly.



# Índice

Índice de figuras .....	V
Índice de tablas .....	IX
Glosario de términos.....	XI
Marco normativo .....	XIII
1. Introducción.....	1
1.1. Motivación .....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Alcance .....	3
1.4. Metodología.....	5
1.5. Contexto en las líneas de búsqueda y transferencia de conocimiento .....	11
2. Contexto .....	13
2.1. Estudio de mercado.....	13
2.2. Sistemas Personalizados de Dosificación (SPD) .....	14
2.3. Proveedores de soluciones SPD.....	15
2.4. Tipos de SPD .....	18
2.4.1. Sistema automático.....	18
2.4.2. Sistema semi automático .....	20
2.5. Resultados del estudio .....	21
3. Desarrollo del proyecto .....	23
3.1. Alcance de detalle .....	23
3.2. AMFE (Análisis modal de fallos y efectos).....	23
3.3. Especificaciones técnicas.....	24
3.4. Diseño técnico de la solución .....	25
3.4.1. Sistema de guiado en eje Y.....	25

## II

3.4.2.	Carro de unión de sistemas Y e extracción.....	29
3.4.3.	Sistema de guiado en eje X.....	38
3.4.4.	Sistema de extracción de dosis .....	44
3.4.5.	Sistema de guiado y rampas para dosis .....	48
3.4.6.	Sistema de bandeja para SPD .....	53
3.4.7.	Perfilería de aluminio para estructuras .....	60
3.4.8.	Carcasa superior .....	63
3.4.9.	Carcasa inferior.....	66
3.4.10.	Disposición de sistemas .....	70
3.5.	Materiales de las piezas .....	71
3.6.	BOM (Bill of Materials) .....	72
3.6.1.	Conjunto general .....	72
3.6.2.	Sistema eje Y .....	73
3.6.3.	Sistema eje X.....	74
3.6.4.	Carro guiado .....	74
3.6.5.	Sistema de extracción de dosis .....	75
3.6.6.	Sistema de guiado y rampas para dosis .....	76
3.6.7.	Sistema de bandeja para SPD .....	76
3.6.8.	Carcasa superior .....	77
3.6.9.	Carcasa inferior.....	78
3.7.	Simulación .....	78
3.7.1.	C06_Base Tensor X.....	79
4.	Perspectiva de género .....	89
5.	Trabajo de futuro .....	91
5.1.	Prototipaje y pruebas .....	91
5.2.	Diseño de carcasa.....	91
5.3.	Diseño según proceso de fabricación.....	91

6. Planificación .....	93
6.1. Plan de contingencia .....	97
7. Conclusiones.....	99
8. Referencias y bibliografía.....	101



## Índice de figuras

<b>Figura 1.1.</b> Diagrama de bloques del proyecto. Fuente: Propia. ....	5
<b>Figura 1.2.</b> SPD sin montaje realizado. Fuente: Propia.....	6
<b>Figura 1.3.</b> SPD montado. Fuente: Propia.....	6
<b>Figura 1.4.</b> Modelo CAD del SPD. Fuente: Propia. ....	7
<b>Figura 2.1.</b> Natalidad desde 1975 hasta 2020 en España. [6].....	14
<b>Figura 2.2.</b> Máquina semiautomática SPD de Ti medi. Fuente: [8]. ....	16
<b>Figura 2.3.</b> Fase de rellenado SPD semiautomático. Fuente: [9]. ....	16
<b>Figura 2.4.</b> SPD de la empresa Ti Medi. Fuente: [9].....	17
<b>Figura 2.5.</b> SPD Venalink. Fuente: [10]. ....	18
<b>Figura 2.6.</b> Tolla de medicamento con chip identificativo. Fuente: [11]. ....	19
<b>Figura 2.7.</b> Catálogo automatismos SPD Ti medi. Fuente: [11]. ....	20
<b>Figura 2.8.</b> Máquina semi automática SPD Ti medi. Fuente: [12]. ....	20
<b>Figura 2.9.</b> Sistema de apoyo lumínico SPD de Ti medi. Fuente: [12]. ....	21
<b>Figura 3.1.</b> Representación del sistema eje Y. Fuente: Propia. ....	26
<b>Figura 3.2.</b> Representación sistema Y. Fuente: Propia.....	26
<b>Figura 3.3.</b> Final de carrera electromecánica del eje Y. Fuente: Propia.....	27
<b>Figura 3.4.</b> Motor paso a paso Nema 17 del eje Y. Fuente: Propia.....	28
<b>Figura 3.5.</b> Polea de posición correa eje Y. Fuente: Propia. ....	28
<b>Figura 3.6.</b> Seccionado y explosionado de sistemas de unión roscada del carro. Fuente: Propia.....	29
<b>Figura 3.7.</b> Representación sistema guías y rodamientos lineales eje Y. Fuente: Propia. .....	30
<b>Figura 3.8.</b> Representación del diseño final del carro central. Fuente: Propia. ....	30
<b>Figura 3.9.</b> Representación de pieza cobertura de guía. Fuente: Propia.....	31
<b>Figura 3.10.</b> Vista del posicionado de la cobertura de guía. Fuente: Propia. ....	32
<b>Figura 3.11.</b> Posicionado de la pieza de guiado de dosis en el carro. Fuente: Propia...	32
<b>Figura 3.12.</b> Seccionado y representación del guiado de las dosis desde el blíster. Fuente: Propia.....	33
<b>Figura 3.13.</b> Detalle de vista de las aperturas en la pieza carro. Fuente. Propia. ....	34
<b>Figura 3.14.</b> Representación de unión entre sistemas descritos. Fuente: Propia.....	34
<b>Figura 3.15.</b> Seccionado del carro. Fuente: Propia.....	35
<b>Figura 3.16.</b> Rodamientos lineales de bolas Misumi LMU8. Fuente: Propia. ....	35

<b>Figura 3.17.</b> Trayectoria completa correa eje Y. Fuente: Propia.....	36
<b>Figura 3.18.</b> Sistema de tensado y unión de la correa al carro. Fuente: Propia.....	37
<b>Figura 3.19.</b> Vista detalle del sistema de tensado y unión correa. Fuente: Propia. ....	37
<b>Figura 3.20.</b> Posicionado del final de carrera del eje Y. Fuente: Propia. ....	38
<b>Figura 3.21.</b> Representación del sistema eje X. Fuente: Propia. ....	39
<b>Figura 3.22.</b> Bancada del sistema de guiado de ejes X e Y. Fuente: Propia. ....	40
<b>Figura 3.23.</b> Detalle sistema de guiado lineal eje X. Fuente: Propia.....	40
<b>Figura 3.24.</b> Pieza de guiado pasivo de dosis del piso intermedio. Fuente: Propia.....	41
<b>Figura 3.25.</b> Seccionado en posicionado máxima. Fuente: Propia.....	42
<b>Figura 3.26.</b> Detalle límite entre piezas descritas. Fuente: Propia. ....	42
<b>Figura 3.27.</b> Representación del sistema tensor de la correa del eje X. Fuente: Propia.	43
<b>Figura 3.28.</b> Explosionado tensor eje Y. Fuente: Propia.....	43
<b>Figura 3.29.</b> Final de carrera electromecánica del eje X. Fuente: Propia.....	44
<b>Figura 3.30.</b> Representación sistema extractor de dosis. Fuente: Propia. ....	45
<b>Figura 3.31.</b> Explosionado del posicionado del sistema extracción y carro. Fuente: Propia.....	46
<b>Figura 3.32.</b> Cuchilla y guía de dosis. Fuente: Propia.....	46
<b>Figura 3.33.</b> Explosionado sistema de cuchilla de sistema de extracción. Fuente: Propia. .....	47
<b>Figura 3.34.</b> Detalle de guiado y anclado de la cuchilla de extracción. Fuente: Propia.	47
<b>Figura 3.35.</b> Sistema de bandeja flotante de salida de dosis. Fuente: Propia. ....	48
<b>Figura 3.36.</b> Posición de los motores DC con excéntrica. Fuente: Propia. ....	49
<b>Figura 3.37.</b> Sistema de límite de la libertad de cimbreado. Fuente: Propia.....	49
<b>Figura 3.38.</b> Tirante de refuerzo del sistema flotante. Fuente: Propia. ....	50
<b>Figura 3.39.</b> Disposición de tirantes de refuerzo. Fuente: Propia. ....	50
<b>Figura 3.40.</b> Piezas de guiado y alojado de sensórica. Fuente: Propia. ....	51
<b>Figura 3.41.</b> Sensores de infrarrojos Optek. Fuente: Propia.....	51
<b>Figura 3.42.</b> Disposición de sensórica detectora de salida de dosis. Fuente: Propia....	52
<b>Figura 3.43.</b> Bancada inferior del sistema de guiado. Fuente: Propia.....	52
<b>Figura 3.44.</b> Representación del sistema de bandeja para SPD completo. Fuente: Propia.....	53
<b>Figura 3.45.</b> Representación sistema bandeja y guiado SPD. Fuente: Propia.....	53
<b>Figura 3.46.</b> Conjunto final del sistema bandeja para SPD. Fuente: Propia. ....	54

<b>Figura 3.47.</b> Disposición del sistema bandeja para SPD dentro del conjunto máquina.	
Fuente: Propia.....	55
<b>Figura 3.48.</b> Detalle de guías telescópicas sistema bandeja SPD. Fuente: Propia. ....	55
<b>Figura 3.49.</b> Seccionado del sistema bandeja para SPD. Fuente: Propia. ....	56
<b>Figura 3.50.</b> Muelle de apertura de bandeja SPD. Fuente: Propia. ....	56
<b>Figura 3.51.</b> Explosionado del mecanismo tapa del sistema de bandeja SPD. Fuente: Propia.....	57
<b>Figura 3.52.</b> Disposición de las guías telescópicas dentro del conjunto. Fuente: Propia. ....	57
<b>Figura 3.53.</b> Características guías telescópicas IGUS Drylin NT-35. Fuente: Propia. .	58
<b>Figura 3.54.</b> Conjunto final de carrera de sistema bandeja SPD. Fuente: Propia.....	58
<b>Figura 3.55.</b> Bancada superior. Fuente: Propia. ....	59
<b>Figura 3.56.</b> Disposición de perfilera ítem entre bancadas. Fuente: Propia.....	59
<b>Figura 3.57.</b> Explosionado del sistema de bandeja SPD. Fuente: Propia.....	60
<b>Figura 3.58.</b> Representación modelo perfil 30x30 ITEM. Fuente: Propia. ....	61
<b>Figura 3.59.</b> Tipología de unión universal de ITEM. Fuente: [13]. ....	62
<b>Figura 3.60.</b> Disposición de unión perfilera ITEM entre bancadas. Fuente: Propia. ...	62
<b>Figura 3.61.</b> Conjunto carcasa superior. Fuente: Propia. ....	64
<b>Figura 3.62.</b> Explosionado de la carcasa superior. Fuente: Propia.....	65
<b>Figura 3.63.</b> Detalle labio de encaje de la carcasa superior. Fuente: Propia. ....	65
<b>Figura 3.64.</b> Representación carcasa inferior. Fuente: Propia.....	66
<b>Figura 3.65.</b> Explosionado del conjunto de carcasa inferior. Fuente: Propia.....	67
<b>Figura 3.66.</b> Detalle punto de apoyo y anclado carcasa inferiores. Fuente: Propia. ....	67
<b>Figura 3.67.</b> Seccionado detalle de unión y disposición de elementos en la carcasa inferior. Fuente: Propia.....	68
<b>Figura 3.68.</b> Seccionado detalle de dimensiones y disposición entre carcasas por pilares de unión. Fuente: Propia. ....	68
<b>Figura 3.69.</b> Detalle del labio de encaje de la carcasa inferior. Fuente: Propia. ....	69
<b>Figura 3.70.</b> Detalle rejilla ventilación en carcasa inferior. Fuente: Propia. ....	69
<b>Figura 3.71.</b> Explosionado de los conjuntos generales del producto. Fuente: Propia... 70	
<b>Figura 3.72.</b> Pieza del sistema de guiado X – Base del tensor guiado. Fuente: Propia. 79	
<b>Figura 3.73.</b> Mallado grueso del modelo estudiado. Fuente: Propia.....	80
<b>Figura 3.74.</b> Resultados de deformaciones del estudio estático. Fuente: Propia.....	81

<b>Figura 3.75.</b> Resultados sobre el desplazamiento de material del estudio estático. Fuente: Propia.....	81
<b>Figura 3.76.</b> Mallado medio del modelo estudiado. Fuente: Propia.....	82
<b>Figura 3.77.</b> Resultados de deformaciones del estudio estático. Fuente: Propia.....	82
<b>Figura 3.78.</b> Resultados sobre el desplazamiento de material del estudio estático. Fuente: Propia.....	83
<b>Figura 3.79.</b> Mallado fino del modelo estudiado. Fuente: Propia. ....	83
<b>Figura 3.80.</b> Resultados de deformaciones del estudio estático. Fuente: Propia.....	84
<b>Figura 3.81.</b> Resultados sobre el desplazamiento de material del estudio estático. Fuente: Propia.....	84
<b>Figura 3.82.</b> Modificación aplicada sobre la pieza modelo estudiada. Fuente: Propia.	85
<b>Figura 3.83.</b> Resultados de deformaciones del estudio estático. Fuente: Propia.....	86
<b>Figura 3.84.</b> Resultados sobre el desplazamiento de material del estudio estático. Fuente: Propia.....	86
<b>Figura 3.85.</b> Resultados de deformaciones del estudio estático. Fuente: Propia.....	87
<b>Figura 3.86.</b> Resultados sobre el desplazamiento de material del estudio estático. Fuente: Propia.....	88
<b>Figura 6.1.</b> Diagrama de Gantt 1/2. Fuente: Propia.....	94
<b>Figura 6.2.</b> Diagrama de Gantt 2/2. Fuente: Propia.....	95
<b>Figura 6.3.</b> Tareas del diagrama de Gantt. Fuente: Propia. ....	96

## Índice de tablas

<b>Tabla 3.1.</b> Tipologías de mecanizado de perfiles. Fuente: Propia.....	63
<b>Tabla 3.2.</b> Detalle de fabricación de piezas. Fuente: Propia.....	72
<b>Tabla 3.3.</b> Lista de materiales del conjunto general. Fuente: Propia.....	73
<b>Tabla 3.4.</b> Lista de materiales del sistema eje Y. Fuente: Propia.....	73
<b>Tabla 3.5.</b> Lista de materiales del sistema eje X. Fuente: Propia.....	74
<b>Tabla 3.6.</b> Lista de materiales del carro de guiado. Fuente: Propia.....	75
<b>Tabla 3.7.</b> Lista de materiales del sistema de extracción de dosis. Fuente: Propia.....	75
<b>Tabla 3.8.</b> Lista de materiales del sistema de guiado y rampas para dosis. Fuente: Propia.....	76
<b>Tabla 3.9.</b> Lista de materiales del sistema de bandeja para SPD. Fuente: Propia.....	77
<b>Tabla 3.10.</b> Lista de materiales de la carcasa superior. Fuente: Propia.....	77
<b>Tabla 3.11.</b> Lista de materiales de la carcasa inferior. Fuente: Propia.....	78
<b>Tabla 3.12.</b> Propiedades mecánicas del ABS. Fuente: Propia.....	80



## Glosario de términos

3D: Tres dimensiones

uF: microfaradios

AMFE: Análisis modal de fallos y efectos

BOM: Bill of material

CAD: Diseño asistido por computadora

Cloud: Nube

DC: Direct current

DFMEA: Design failure mode and effects análisis

EN: Enable

Feedback: Respuesta

FDM: Fused deposition modeling

GND: Ground

IOT: Internet of things

I+D: Investigación y desarrollo

mm: Milímetros

Opensource: Código libre

PCB: Printed circuit board

PC: Computador personal

PLC: Control lógico programable

STEP: Standard for the exchange of product data

Stepper: Motor paso a paso

SPD: Sistema personalizado de dosificación de medicamentos

## XII

S.L: Sociedad limitada

SLS: Selective laser sintering

STL: Stereolithography

TFG: Trabajo de final de grado

USB: Universal serie bus

V: Voltios

WIFI: Wireless fidelity

## Marco normativo

Para que el proyecto cumpla con la normativa, es decir, que toda la actividad o producto sea utilizado o fabricado dentro de un marco aprobado y/o estudiado por las autoridades, se cumplen las normas dictadas y reconocidas tanto por la Unión Europea como internacionalmente.

En relación con las normas relacionadas con elementos, aplicaciones o procesos empleados en este proyecto, se ha realizado una selección las mismas. A continuación, se muestra la selección:

- **Elementos de fijación:** UNE-EN ISO 888:2019. Elementos de fijación. Pernos, tornillos y espárragos. Longitudes nominales y longitudes roscadas. (ISO 888:2012).
- **Muelles:** UNE-EN ISO 26909:2010 Resortes. Vocabulario (ISO 26909:2009) (Ratificada por AENOR en junio de 2010).
- **Materiales:** UNE-EN ISO 19062-1:2016 Plásticos. Materiales de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) para moldeo y extrusión. Parte 1: Sistema de designación y bases para las especificaciones. (ISO 19062-1:2015).
- **Cojinetes:** UNE 18106:1986 ERRATUM Rodamientos. Tolerancias. Definiciones.
- **Circuitería:** DOUE-L-2006-82685. Material eléctrico destinado para utilizarse con determinados límites de tensión. CE BAJA TENSIÓN.
- **Electromagnetismo:** 2004/108/CE. Compatibilidad electromagnética de los aparatos eléctricos y electrónicos. (diciembre de 2004).



# 1. Introducción

En este capítulo se trata acerca de las motivaciones que se han tenido, los objetivos que se plantean y que se han cumplido con tal de poder realizar un proyecto de calidad y bien acotado. Además, se habla de los puntos que han formado el alcance de la idea, junto con la metodología seguida con el objetivo de conseguir formalizar y realizar correctamente el proceso de fases pertinentes. Para finalizar, se plasman los conocimientos adquiridos por el centro Tecnocampus, y las asignaturas de este, lugares de los cuales se han extraído y aplicado mayoritariamente los conocimientos para el desarrollo de este mismo trabajo.

## 1.1. Motivación

Con el fin de poder hallar una manera de plasmar los conocimientos adquiridos y presentarse en un proyecto que abarcara tanto la parte de ingeniería mecánica como la parte de ingeniería industrial y automática, se ha buscado un proyecto como este, el cual precisaba de ambas partes.

Se ha tenido la motivación e iniciativa de nutrirse de información relacionada con la tecnología y metodologías empleadas dentro del ámbito del SPD (Sistema personalizado de dosificación de medicamentos). También se ha realizado el diseño completo del proyecto, y el computo de todo esto ha aportado en dos niveles lo que se explicita a continuación:

A nivel personal, ser capaz de aportar una mejora al sector de la ingeniería aplicado al sector de la farmacéutica para que los beneficiados directos sean los usuarios finales de la tercera edad, que son los que pueden presentar mayores carencias a la hora de acordarse de tomas de fármacos, tener complicaciones a la hora de entender las prescripciones o carecer de fuerza o manipulabilidad para extraer las dosis necesarias de los SPD.

A nivel empresarial, aportar un equipo que se coloque en un nivel que no estaba explotado y poder obtener un beneficio sabiendo que existe una gran ayuda e innovación en un sector ya suficientemente explotado.

## 1.2. Objetivos

En el siguiente subapartado se presentan los objetivos de proyecto. Dichos objetivos se dividen en dos; los objetivos generales y los objetivos específicos.

A continuación, se mencionan los objetivos generales:

- Ayudar a los usuarios finales que toman medicamentos de forma habitual a través de una solución la cual se compone de un producto útil, eficaz y compacto, a la vez que de un servicio que el mismo producto facilita.

Seguidamente se comentan los objetivos específicos:

- Conocer el estado del mercado referente a los sistemas de dosis personalizados y poder mejorar funcionalidades.
- Diseñar sistemas de control e interacción mediante IOT (Internet of things) que controles y muestren datos de la máquina
- Integrar un sistema de dosis personalizado en una máquina compacta para el hogar que dispense las dosis a lo largo del día, automáticamente.
- Diseñar un mecanismo capaz de hacer la extracción de los medicamentos de los blísteres, automáticamente.
- Incorporar sistemas de aviso e interacción inteligentes.
- Compactar en un producto válido para el hogar, una máquina automática eficaz y barata.
- Validar conjunto de los diferentes sistemas electromecánicos para funcionar conjuntamente.

### 1.3. Alcance

Por otro lado, referente al alcance y destino, el cual se ha trabajado en este proyecto y enfocado a un público que, si bien podría ser aplicado a todas las edades, se ha decidido que fuera un producto destinado a todos los públicos, pero haciendo hincapié en la tercera edad, cuya edad comprende a partir de los 65 años. No obstante, queda claro que, a mayor avanzada edad, el conjunto automático, tomará mayor protagonismo, haciendo realmente brillar sus sistemas de aviso, recordatorio y seguimiento.

El alcance de este proyecto se ha basado en poder hacer el diseño de un sistema automático capaz de poder extraer los fármacos correspondientes y necesarios de un SPD, pero de cara al hogar y sobre todo encarado a personas de tercera edad.

Dicho sistema se ha enfocado sobre todo a personas con gran cantidad de fármacos a tomar a lo largo del día de forma prolongada como son las personas de la tercera edad, y los cuales hacen uso de los sistemas personalizados de dosificación, también denominados SPD.

Se ha tenido en cuenta que el sistema de empaquetado o blísteres ya era existente y se ha buscado acoplar dicho encapsulado en forma blíster al automatismo para poder hacer una continuación de un producto sin haber tenido que introducirse en desarrollo del producto base. Por tanto, se ha partido de un diseño de empaquetado sobre el cual se ha diseñado el entorno máquina y finalmente producto.

Dicho sistema de extracción automático diseñado se controla mediante un microprocesador, acompañado de un sistema de carro guiado por ejes X e Y movido por motores paso a paso (*steppers*) y un sistema de transmisión guiado de correas.

Además, se ha acoplado un sistema de presencia para ver si el usuario ha recogido la dosis dispensada, para de esta manera hacer un aviso tanto lumínico como acústico.

Prosiguiendo con la idea de control e interacción con el usuario, al permitir la incorporación de un tipo de placa de control con conectividad WIFI (Wireless Fidelity), se ha planteado el envío de datos e interacción entre usuario y máquina mediante el acceso a internet.

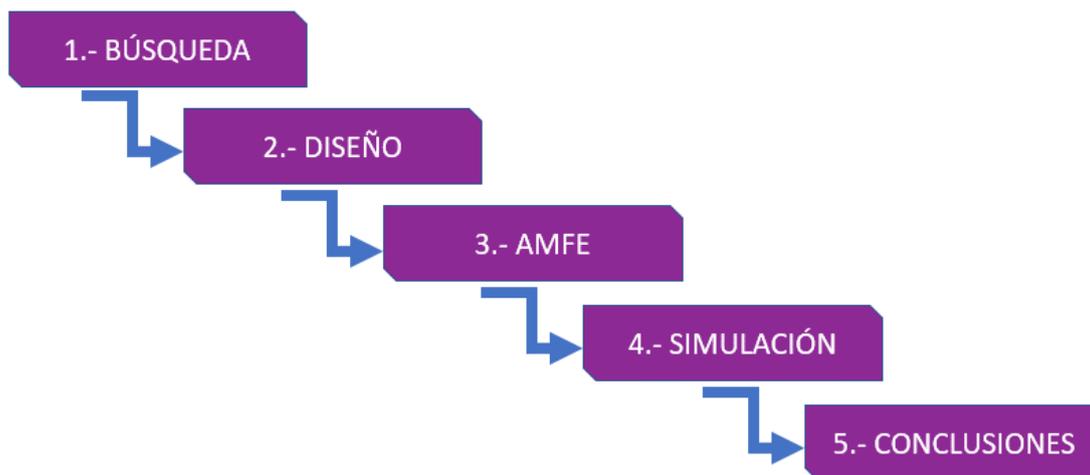
Por otro lado, se ha pensado en piezas para un posible mantenimiento preventivo del sistema, esto en caso de darse el caso, se trataría de hacer sustituciones de piezas de bajo

coste de proveniencia, en gran parte, de la fabricación aditiva. También se destinan pequeños alojamientos y puntos dentro del equipo para en un futuro poder hacer un desarrollo o mejora más avanzados.

Se han realizado, dentro del estudio del mecanismo, simulaciones donde se muestran comportamientos de ciertas partes de la estructura o sistema, sometidas a esfuerzos o cargas reales de trabajo. También se han tratado como se podrá ver en puntos más avanzados de este documento, que se ha trabajado con estudios basados en Von Misses y elementos finitos, ya visto durante el transcurso del grado.

## 1.4. Metodología

En este subapartado se trata mediante el diagrama de bloques, que se observa en la **Figura 1.1**, una planificación de la metodología empleada para el desarrollo del producto desde el inicio del proyecto hasta su finalización.



**Figura 1.1.** Diagrama de bloques del proyecto. Fuente: Propia.

A continuación, se detalla específicamente que conceptos se han tratado en cada apartado del diagrama de bloques mostrado en la **Figura 1.1**.

### FASE 1 – Búsqueda

Se han planteado las ideas que pueden intervenir en los sistemas que equipan el producto. Se ha pensado en el público al que va enfocado mayoritariamente y se han buscado soluciones y mejoras al estilo de vida de dicho público.

Se ha hallado la opción de mejorar dentro del ámbito farmacéutico, en concreto el uso del SPD, la fase final donde el usuario interviene a la hora de acordarse y extraer las dosis necesarias a lo largo del día, repetitivamente. Se ha visto una necesidad y una falta de explotación en el campo dentro del ámbito de la ingeniería y se ha decidido crear una máquina que haga las funciones de último nivel que realizaría el usuario.

Se han buscado empresas que estén especializadas en el ámbito del SPD. A la vez se ha tenido en cuenta que el abastecimiento, el volumen de clientes y las opciones de mejoras planteadas sean de peso como para centrarse en su tipología de producto y estudiarse.

Tras ello, se consiguió una muestra de SPD sin dosis, gracias a la Farmacia Gornal que facilitó un conjunto sin uso y totalmente a montar, para poder hacer medidas de este. Se puede observar en la **Figura 1.2**.



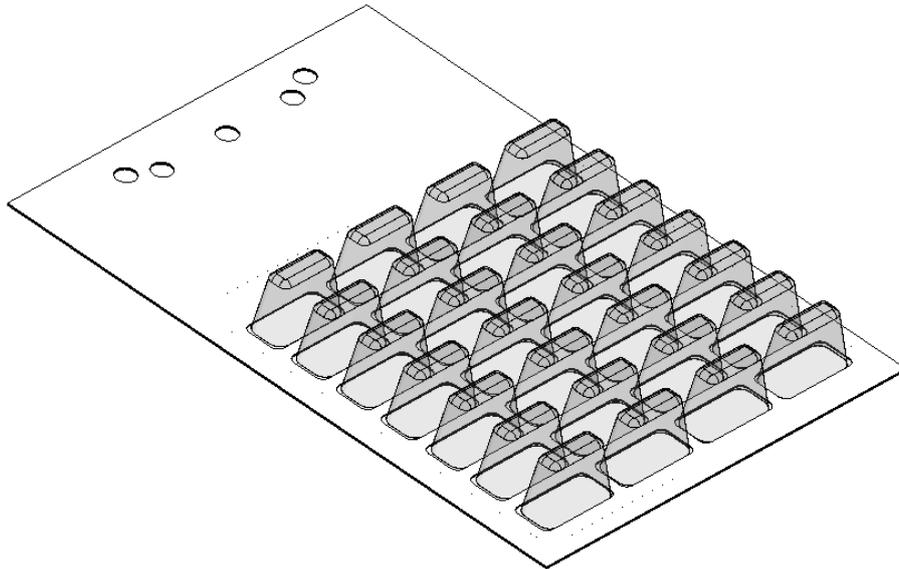
**Figura 1.2.** SPD sin montaje realizado. Fuente: Propia

Una vez montado adquiere una forma final como la que se ve en la **Figura 1.3**.



**Figura 1.3.** SPD montado. Fuente: Propia

Finalmente, el conjunto SPD se ha pasado a modelo CAD (Diseño Asistido por Computadora) y con él se pudo trabajar. Este se puede observar en la **Figura 1.4**.



**Figura 1.4.** Modelo CAD del SPD. Fuente: Propia.

## **FASE 2 – Diseño**

En esta fase se han planteado las partes en las que se dividió el proyecto para poder abarcar mejor cada temática y de esta forma ser más eficiente. Las partes son las que se pueden ver listadas a continuación, y se explicarán en detalle en el apartado correspondiente, más adelante.

- Sistema de extracción de dosis.
- Sistema de guiado del carro interno X e Y.
- Sistema de rampas y contención en salida de dosis.
- Sistema de detección de presencia de dosis.
- Sistema de carga.
- Sistema de interacción usuario – máquina.
- Sistema de carga de SPD.
- Carcasa/s.
- Elementos auxiliares.

El conjunto de partes listadas constituye el producto.

En esta fase se hizo el diseño mecánico y electrónico de cada parte, para que en conjunto fuera funcional, eficiente y fácil de utilizar para el usuario.

Todo ello se hizo mediante los programas de diseño Solidworks y EasyEDA.

También se ha diseñado dimensiones y entorno para tener en cuenta de cara a la sensórica e interacción mediante botones y pantalla.

Se han realizado cálculos del mismo modo, para poder controlar de forma segura el amperaje de entrada al equipo y de esta forma dimensionar el elemento de seguridad llamado fusible y el cual va colocado a la entrada de alimentación en alterna de 230 voltios.

Dentro de esta fase de diseño, se ha tenido en cuenta la forma de fabricación y la fase de prototipado la cual se incluyó dentro del mismo apartado de diseño. Por ello se describe a continuación los puntos de dicha sub-fase que tiene gran importancia y fue un referente a la hora del diseño del conjunto máquina.

Se han planteado las tecnologías de fabricación aditiva tales como SLS (Selective Laser Sintering), Polyjet y FDM (Fused Deposition Modeling).

Los modelos de impresora planteados para la obtención de piezas son los que se explicitan a continuación:

Dentro de la tipología SLS, el modelo escogido para los prototipos es el modelo Form 2 de la empresa *Formlabs*, el modelo Form 2. [1].

Referente a la tipología Multijet, el modelo escogido para los prototipos, en concreto de la empresa *Stratasys*, es el modelo de impresora Objet. [2].

Conforme a la tipología FDM, los modelos escogidos para los prototipos, en concreto de la empresa *Bcn3D*, es el modelo Sigma R17, [3] y de la empresa *Stratasys*, el modelo Dimension. [4].

Además, ciertas piezas del conjunto se han planteado hacer en materiales metálicos, en concreto en aluminio debido a las funciones que desempeñan, la ubicación de estas y/o los sometimientos o cargas a soportar que requieren ciertas piezas.

Estas piezas se mecanizan con ayuda de; torno, fresa, plegadora o corte láser junto a herramientas convencionales manuales.

En concreto los modelos de máquinas que se pensaron para la fabricación de esta tipología son:

Torno Pinacho ML200x1000. [5].

Fresa de marca Lagun modelo FTV4.

Referente a la parte de electrónica, se hizo uso del planteamiento y esquemática de mazos de cables los cuales se pensaron para fabricar con ayuda de fundas termo retráctiles y terminales específicos, según el tramo.

### **FASE 3 – AMFE**

En esta fase, se observaron posibles mejoras de diseño y de propio producto, gracias a ello, surgieron mejoras de tipologías de mecanismos, soluciones a problemas planteados y mejoras de piezas del conjunto.

Para ello, se observaron bien los puntos a tratar, y mediante una tabla y una metodología se consiguió realizar el estudio.

Para más información de detalle, se requiere ir al punto correspondiente dentro de este documento el cual tiene el título de AMFE.

### **FASE 4 – Simulación**

En esta fase se plantearon simulaciones de movimiento, donde se observaron posibles colisiones mecánicas entre diferentes sistemas o piezas del conjunto. Se hizo mediante el programa Solidworks, donde con el apoyo de haber representado todas las piezas del sistema en modelo CAD se pudo interactuar y ver incompatibilidades, movimientos, colisiones y mejoras posibles.

Además, se planteó la realización de un estudio de elementos finitos donde se hicieran comprobaciones según las formas, materiales y esfuerzos sometidos de diversas piezas clave del conjunto, para ver las deformaciones y comportamientos a funcionamiento normal del producto y a posibles casos puntuales que, de ocurrir, podrían ocasionar

dificultades o contratiempos en el correcto funcionamiento del equipo. Del mismo modo que en el caso anterior, esto se realizó con el programa Solidworks.

De todos modos, el punto del estudio mediante elementos finitos se explicará en puntos más adelante del trabajo, donde se complementará con otras metodologías y conceptos importantes para tener en cuenta la forma y mejora de algunas piezas del sistema.

En esta fase, también se llevaron a cabo testeos necesarios.

Referente a la parte electrónica se han llevado a cabo comprobaciones con ayuda de un multímetro con el cual se han verificado continuidades, valores resistivos, voltajes, consumos y corrientes por diversos puntos interesantes del conjunto máquina.

Además, con el propio ordenador se han hecho pruebas de software sobre la placa de control Elegoo 2560 de los diversos sistemas conectados a esta.

## **FASE 5 – Conclusiones**

Tras realizar las fases anteriores se llegó a la conclusión de que se obtuvo un diseño avanzado y completo de lo que se buscaba crear.

No obstante, debido a la escasez de tiempo para la realización de dicho proyecto, se dejaron aspectos a tratar en el tintero y con ello apartados que se explicitan en el correspondiente punto de este documento, denominado como proyecto de futuro.

Además, las conclusiones detalladas del trabajo se detallan con mayor precisión e información en el correspondiente apartado al final del documento, denominado como conclusiones.

## 1.5. Contexto en las líneas de búsqueda y transferencia de conocimiento

Este trabajo se ha desarrollado gracias a los conocimientos adquiridos durante los estudios de la simultaneidad de grado de mecánica y grado de electrónica industrial y automática en el centro de estudios Tecnocampus. Los conocimientos que se han empleado para la realización de dicho trabajo final de grado se pueden directamente atribuir y agradecer a asignaturas como la de Automatización, Robótica, Máquinas y Mecanismos, Fabricación aditiva e Industria 4.0 entre otras.

Todo este conocimiento adquirido hizo que fuera posible afrontar la situación planteada y resuelta en este trabajo.

- **Máquinas y mecanismos:** Especialización en diseños de piezas y estructuras del ámbito industrial. En este caso se enfocó a la automatización y pequeños mecanismos.
- **Ingeniería de Materiales y Fabricación Aditiva:** Conocer y saber escoger los materiales óptimos y mejores soluciones para aplicar a piezas a imprimir mediante tecnología 3D o piezas a obtener mediante inyección. Del mismo modo, tener base y conocimiento para escoger los materiales estructurales metálicos o piezas a incorporar del mismo tipo.
- **Robótica y Automatización:** Conocimientos de programación y de interacción con placas de control tipo Arduino, PLC y sistemas compatibles electrónicos. Nociones de sensórica y elementos de control empleados en industria para máquinas o mecanismos automatizados.
- **Control y Simulación de Procesos Industriales:** Interacción y programación mediante herramientas y lenguaje libre (*OpenSource*) para interactuar con Arduino y similares.



## 2. Contexto

La razón de realización de dicho proyecto arraigó ante la visión de una necesidad por parte de los usuarios de los sistemas SPD facilitados por las farmacéuticas. En concreto, para los usuarios, que dentro de la horquilla de población entre 65-99 años, ya hacían uso de dichos sistemas. El número de gente de más avanzada edad que hace uso de SPD suelen tener problemas de fuerza o complicación en la manipulación de objetos pequeños de algún tipo o meramente dificultad para recordar la toma de la dosis diaria. Este sistema, facilita la extracción automática de las dosis diarias necesarias, ya encapsuladas en los diferentes blísteres del SPD, junto a un sistema de aviso lumínico y sonoro y un sistema de detección de salida de dosis que en conjunto consiguen ayudar a realizar el seguimiento y monitoreo del correcto uso del SPD haciendo la correcta toma diaria por parte del usuario.

Por otro lado, se investigó sobre posibles patentes y sistemas de extracción que podían aplicarse, mejorarse o dar una idea sobre que desarrollar.

Dicho esto, se ha roto una lanza a la innovación dentro del ámbito sanitario, que carecía de tal avance y sistema, y facilita o mejora la ardua tarea, en especial en personas de tercera edad, la persistente y diaria acción de tomar los fármacos individualmente recetados.

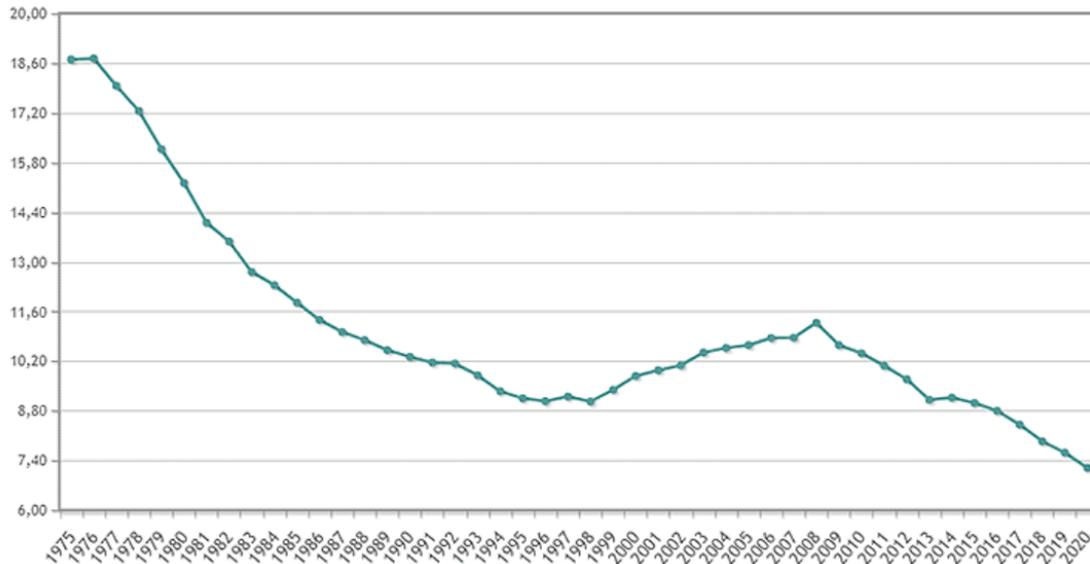
Específicamente en este trabajo de final de grado se han plasmado y desarrollado los conceptos referentes a ingeniería mecánica que abarcan el proyecto.

### 2.1. Estudio de mercado

En este subapartado se trata el estudio de mercado que se desarrolló para poder encontrar el objetivo y fin de este proyecto. Para ello se buscó el estado de bienestar en la sociedad española.

Esto significa que actualmente debido a la disminución en los últimos años de natalidad, la edad predominante con el tiempo es la adulta y en no muchos años la de la tercera edad. Se puede observar en la **Figura 2.1** la representación el descenso de natalidad en España, posicionándose a finales de 2020 en un 7,19 de tasa de natalidad. Esto a consecuencia llevará una mayor necesidad de fármacos. Bien es sabido que, con el paso del tiempo y

avance de las tecnologías, el mundo farmacéutico ha conseguido elevar la longevidad de las personas. Esta necesidad de fármacos junto a una menor natalidad implicaría una menor atención por parte de gente más joven hacia gente mayor.



**Figura 2.1.** Natalidad desde 1975 hasta 2020 en España. [6].

Llegados a esta situación futura, se vio que era necesario un proyecto capaz de ayudar en la toma individualizada de la gente y especializada en ayuda y seguimiento de la tercera edad. De ahí surgió la idea de este producto, para dar mayor autonomía a la gente que haga uso de los SPD y en especial de personas de edades avanzadas.

## 2.2. Sistemas Personalizados de Dosificación (SPD)

Los sistemas personalizados de dosificación distribuidos y controlados desde la oficina de farmacia pueden contribuir notablemente a la resolución de problemas de los pacientes que están polimedcados. Esto tiene efecto directo sobre todo en gente de tercera edad, los cuales pueden presentar problemas a la hora de seguir las pautas médicas de toma, los periodos, tiempos y cantidades de tomas. Todo ello podía acarrear problemas indeseables para muchos.

A raíz de la falta de estos sistemas y los problemas que existían, surgió el SPD que, a partir de la recopilación de recetas de cada persona en particular, actúa haciendo un calendario de blíster donde se agregan las dosis de los diversos medicamentos a tomar, para que el usuario en cuestión tenga menos problemática a la hora de hacer sus tomas a lo largo del día.

Este sistema llamado SPD, se encuentra en diversos tipos de empaquetado, ello va directamente relacionado a la empresa que lo diseñe junto al tipo de proceso de fabricación seguido para la complementación del envase o blíster con las dosis personalizadas del individuo en cuestión.

Actualmente existen 2 tipologías de SPD, se encuentra el de fabricación semiautomática y el de fabricación automática. En caso de este proyecto se trabaja con el de semiautomática ya que es el que más se utiliza y tiene un coste menor de cara al usuario.

La diferencia entre ambos tipos es el proceso donde se precisa, o no, de un operario que haga manualmente el suministro y reparto de las dosis para cada paciente, o por otro lado sea un sistema automático el que lo haga. En el apartado siguiente se tratarán y mostraran el aspecto y diferencias que existen entre ambas tipologías. [7].

### **2.3. Proveedores de soluciones SPD**

En este subapartado se tratarán las empresas que ofrecen o trabajan con SPD hasta el punto de crear dichos sistemas, por ello se recalca que ninguna de ellas hace inciso en la etapa o punto del producto donde entraría a jugar un importante papel, el proyecto que se desarrolla en este trabajo.

Hoy en día existen varios distribuidores de sistemas SPD, no obstante, hay algunos de ellos que destacan por su equipamiento, profesionalidad y desarrollo tanto en producto como en fases de obtención, constante inversión en I+D (Investigación y Desarrollo).

En concreto la empresa *Ti medi* es una de las que más siguen los puntos comentados de empresas punteras y de mayor poder en la industria farmacéutica a lo que SPD se refiere. En la **Figura 2.2** puede observarse su máquina SPD de modalidad semiautomática.



## DualBlist

Blíster

**Figura 2.2.** Máquina semiautomática SPD de Ti medi. Fuente: [8].

Además, en la **Figura 2.3** puede observarse el proceso de interacción del profesional con la máquina para obtener finalmente el sistema SPD.



**Figura 2.3.** Fase de relleno SPD semiautomático. Fuente: [9].

Esta empresa, se dedica al suministro de equipamiento, maquinaria automática y semiautomática tanto a farmacias como a residencias entre otros productos relacionados.

El SPD obtenido de la máquina semiautomática de Ti-medi es el que se puede ver en la **Figura 2.4.**



**Figura 2.4.** SPD de la empresa Ti Medi. Fuente: [9].

Por otro lado, existen empresas como *Aurovitas*, que es una multinacional de renombre mundial, la cual no solamente se dedica a los SPD, sino que también abarca tema de medicamentos y distribuciones por todo el mundo.

Esta también trabaja con los SPD, pero solamente en el método semiautomático. Como apunte, el SPD representado en CAD y trabajado para específicamente este proyecto es el creado y suministrado por el grupo *Aurovitas*. Se puede ver representado el mismo en la **Figura 1.3.**

Finalmente existe la empresa *Venalink* la cual es de origen catalán y tiene suministro en toda España, pero con mayor impacto en territorio catalán. De las 3 empresas planteadas en este subapartado, esta sería la empresa más pequeña pero que, por localización de

residencia, afectaría a la población más cercana. La forma y disposición de dosis del SPD de esta empresa se puede observar en la **Figura 2.5**.



**Figura 2.5.** SPD Venalink. Fuente: [10].

## 2.4. Tipos de SPD

Hoy en día existen dos tipologías de SPD, y estos no son presentes en todas las empresas, ya que la gran mayoría de estas optan por el sistema semi automático debido a su menor coste y menor complicación.

No obstante, no significa esto que el sistema automático sea peor que el semi automático, simplemente requiere de una inversión económica de mayor impacto inicialmente para poder llevarse a cabo.

### 2.4.1. Sistema automático

El sistema de obtención de los SPD de tipología automática se basa en conseguir obtener el encapsulado de las dosis de fármacos en blísteres o en bolsas individuales en forma de

bobina, mediante un automatismo totalmente automatizado, donde el ser humano solo interviene para dar órdenes de cambio de material y poder realizar labores de mantenimiento.

Estos sistemas son complejos, de gran coste y se basan en un sistema de dispensado de diversos fármacos en pequeñas tolvas con los medicamentos en cuestión, tal y como se puede observar en la **Figura 2.6**, de donde se cuentan precisamente las dosis que van saliendo en función de lo necesario para cada paciente.



**Figura 2.6.** Tolva de medicamento con chip identificativo. Fuente: [11].

El resultado, una bobina con pequeños compartimentos individuales donde se albergan las dosis necesarias para tomar durante el día. También existe el formato blíster, aunque la gran mayoría de sistemas automatizados apuntan al formato bolsa por su mejor adaptado y forma de trabajar.

El sistema está conectado con una base de datos donde constan los pacientes, las medicaciones y los horarios de toma individualizados y precisos.

Hasta el momento, la empresa *Ti-medi* es la más puntera en lo que a sistemas automáticos refiere y se puede ver su catálogo de máquinas en la **Figura 2.7**.



**Figura 2.7.** Catálogo automatismos SPD Ti medi. Fuente: [11].

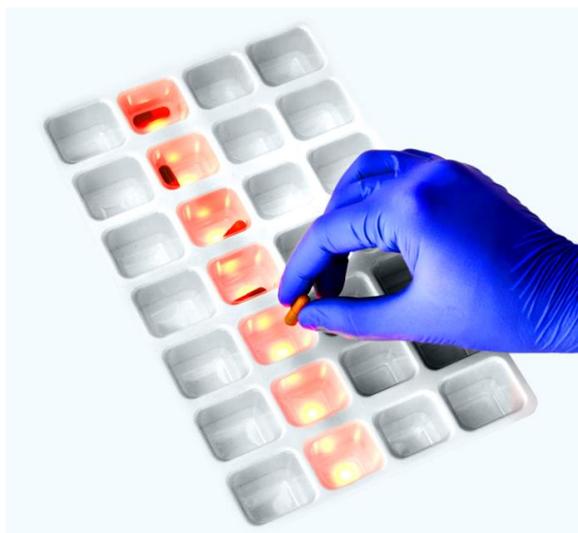
### 2.4.2. Sistema semi automático

El sistema de obtención de los SPD de tipología semi automática se basa en conseguir obtener el encapsulado de las dosis de fármacos en blísteres, que es más común que la tipología bolsas en una bobina. Este requiere del ser humano el cual, con el apoyo de sistemas de visión artificial, junto a lumínica y sensórica consigue un producto eficaz y con pocas probabilidades de fallo, ya que en este caso se trata de la salud lo que estaría en juego y es importante la concentración y precisión en la fabricación del producto final. En la **Figura 2.8** se puede observar un ejemplo de máquina semi automática de la empresa Ti medi.



**Figura 2.8.** Máquina semi automática SPD Ti medi. Fuente: [12].

Las tipologías de este sistema se cruzan en un mismo tipo de máquina la cual se basa en una matriz del negativo de la parte de los blísteres donde colocar los mismos, junto a un monitor donde poder hacer el seguimiento y posteriormente comprobación de fármacos. Hay un sistema de apoyo muy útil el cual ilumina individualmente cada apartado blíster para saber en qué apartado de la matriz aportar el fármaco o fármacos que se muestran a través del monitor. Esta función puede observarse en la **Figura 2.9**.



**Figura 2.9.** Sistema de apoyo lumínico SPD de Ti medi. Fuente: [12].

Por tanto, es muy importante la intervención de un profesional. Este sistema en general facilita la labor de fabricación, debido al coste único de la máquina necesaria y a la fácil implementación en centros farmacéuticos, hospitales o incluso residencias.

## 2.5. Resultados del estudio

Tras una ardua búsqueda se vio que existía un lugar dentro del mercado donde no se había llegado y donde no había soluciones propuestas o diseñadas. Este nicho se vio en la etapa de toma y uso de los SPD. De normal cualquier no debería de tener problemas con ello, pero la gente de tercera edad puede presentar complicaciones de vista y memoria. Por ello, se decidió realizar una solución que, más allá de solamente ayudar en esta última fase del producto y concepto SPD, a todo aquel usuario que haga uso, cumpliera dicho objetivo pero que en especial rompiera una lanza a favor de innovar y mejorar la última

fase de los SPD de la gente de la tercera edad. A raíz de ello, surgió la idea y el desarrollo de este proyecto.

Aun así, se buscó hacer énfasis en la ayuda hacia los usuarios de los sistemas SPD y el poder conseguir un seguimiento autónomo de las tomas de los fármacos recetados individualizados. Por ello, todos los sistemas ya sea por su diseño o forma de actuar, se tuvieron en cuenta y diseñaron con el fin de facilitar el poder interaccionar de los usuarios y ser un producto sencillo a la par que útil para los mismos y en especial a la gente de tercera edad que pueden ser los usuarios potenciales de este proyecto y los que pueden presentar más complicaciones.

### **3. Desarrollo del proyecto**

En este punto se hace un guiado por los pasos que se han seguido para la realización del proyecto, los puntos a conocer, los conceptos adquiridos y los resultados que se han obtenido a medida que se ha ido avanzando. En especial en lo que a la parte mecánica refiere.

#### **3.1. Alcance de detalle**

En este subapartado se tratan los requerimientos que se plantearon y tuvieron muy en cuenta de cara a hacer el diseño y aplicado de las funcionalidades deseadas en el diseño del proyecto. De esta forma, se trabajó enfocando directamente a las funcionalidades de los usuarios finales de este producto.

Por tanto, los requerimientos fueron los siguientes:

- Abastecer con más de 1 pastilla.
- Detectar la caída de pastilla.
- Cubrir sistemas mecánicos para la seguridad del usuario.
- Dotar de cierta ergonomía al producto, para mejor aceptación en el lugar de funcionamiento.
- Facilitar funcionamiento y uso del equipo.
- Equipar el producto con sistemas de aviso de uso al usuario.
- Simplificar mecanismos pensando en usuarios de tercera edad.
- Facilitar accesibilidad y tiempos de las posibles futuras tareas de mantenimiento y/o arreglos del equipo.

#### **3.2. AMFE (Análisis modal de fallos y efectos)**

En este subapartado se realiza un proceso en el cual se analizan los fallos potenciales dentro de un sistema de clasificación el cual es determinado por la gravedad o por el efecto que tienen los fallos en el sistema de un proceso, sistema o pieza en este caso.

Se han realizado durante el desarrollo de este proyecto infinidad de análisis de este tipo de forma involuntaria, de la misma forma que se realiza en la vida cotidiana, no obstante, se ha tomado cierta insistencia y enfoque en los casos que se muestran a continuación.

En concreto se han aplicado la tipología de AMFE de diseño, cuya recibe el nombre de DFMEA (Design Failure Mode and Effects Analysis). Específicamente esta subcategoría de análisis se focaliza en estudiar los riesgos que pueden asociarse a un diseño de un producto o la modificación de un bien o servicio.

El sistema que más ha dado motivo de estudio y análisis ha sido el sistema de extracción de dosis. Esto se debe al abanico de opciones de tecnologías y formas de hacer la extracción que se fueron ideando.

Por ello, se hizo un DFMEA el cual puede hallarse en el capítulo de anexos del proyecto. Gracias a ello, se dio con una opción viable, simple y eficaz que es la que se incorporó en el producto.

### **3.3. Especificaciones técnicas**

En este subapartado se evalúan las características que debe de cumplir o se desea que cumplimente el proyecto a realizar, con tal de que se ajuste y sea acorde a los objetivos planteados.

Por tanto, se busca un producto que sea capaz de interactuar con el usuario si de esta forma se desea, de una forma automática sencilla e intuitiva. Esto se debe a que la gran mayoría del público de este producto es gente con problemas de discapacidad o gente mayor en general.

Además, el conjunto ha de ser capaz de entenderse como un sistema sencillo de carga y descarga del SPD por los mismos motivos relacionados a la razón anterior, debido a la edad de los usuarios, en caso de hacer la tarea de carga y descarga de SPD ellos mismos.

Ha de contar con un volumen agradecido para poder contener el SPD, pero a la vez contenido y no excedente ya que, aunque la función de este automatismo es bien importante, no todos los usuarios finales deben porque disponer de una superficie de colocación extremadamente extensa.

Ha de tener un conexionado a la red eléctrica de 230V (voltios), y no ha de tener un consumo elevado como equipo.

Como conjunto, se trata de hacer que el sistema de dispensación de dosis sea lo más silencioso posible, con el fin de hacer el conjunto lo más adaptado al hogar sin ser un objeto disruptivo en lo que a contaminación acústica se refiere.

En este conjunto máquina, este trabajará con el SPD semiautomático adquirido en Farmacia Gornal y el cual pertenece al fabricante *Aurovitas*.

### **3.4. Diseño técnico de la solución**

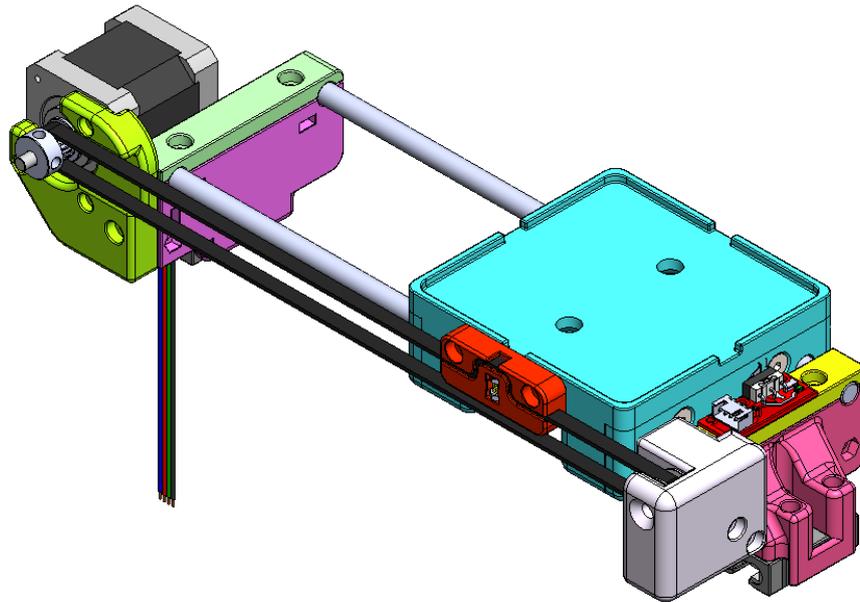
En este subapartado se tratarán los distintos sistemas y mecanismos que constituyen, en gran parte, la totalidad del automatismo del proyecto. De esta forma, se puede observar las diferentes variantes y tipologías tratadas durante el desarrollo, a fin de conseguir el sistema que se ha incorporado en la versión del proyecto.

#### **3.4.1. Sistema de guiado en eje Y**

Para el sistema de guiado del carro principal, que es el que acopla el conjunto extractor de dosis, es importante tener en cuenta la precisión, las fuerzas que intervienen y la versatilidad de los movimientos a la par que la zona de trabajo del producto sobre el SPD.

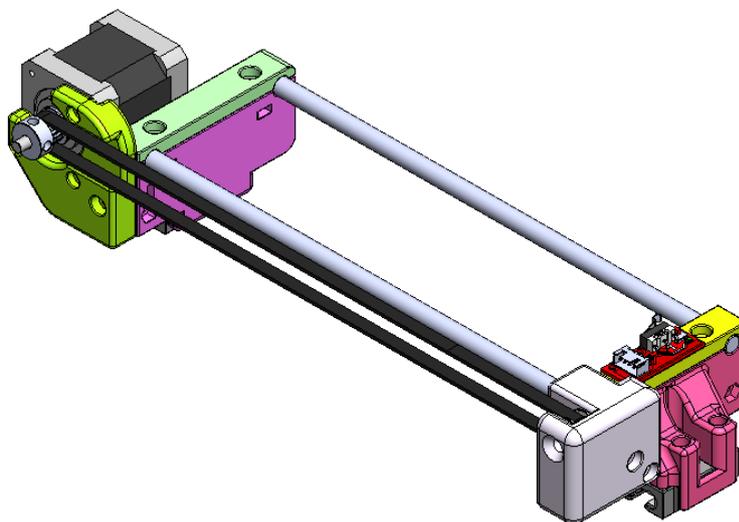
Por ello, se optó por hacer un guiado en X e Y mediante guías cilíndricas y lineales estándar. Es cierto que se barajaron soluciones tales como husillos, pero pensando en los costes totales y la simplificación de posibles mantenimientos posteriores del conjunto se decidió desarrollar el sistema tal y como se explica a continuación.

Se puede observar en la **Figura 3.1** la primera versión adoptada de este eje Y.



**Figura 3.1.** Representación del sistema eje Y. Fuente: Propia.

Finalmente, tras hacer el ensamblado y revisión de sistemas, este cambió quedando de la forma que se aprecia en la **Figura 3.2**.

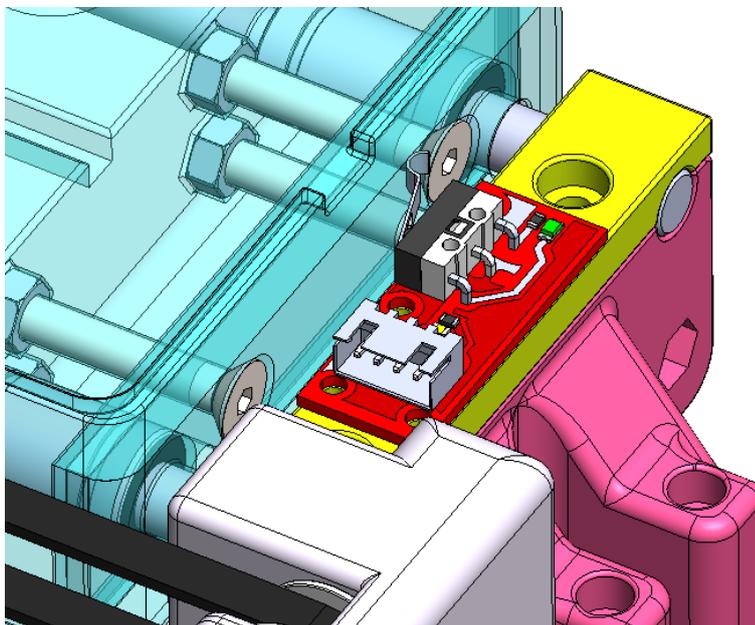


**Figura 3.2.** Representación sistema Y. Fuente: Propia.

En esta **Figura 3.2** se puede ver que respecto la **Figura 3.1**, no está el carro, representado con un color azul cian. Esto se debe a que pensando en el montaje en cadena y en la

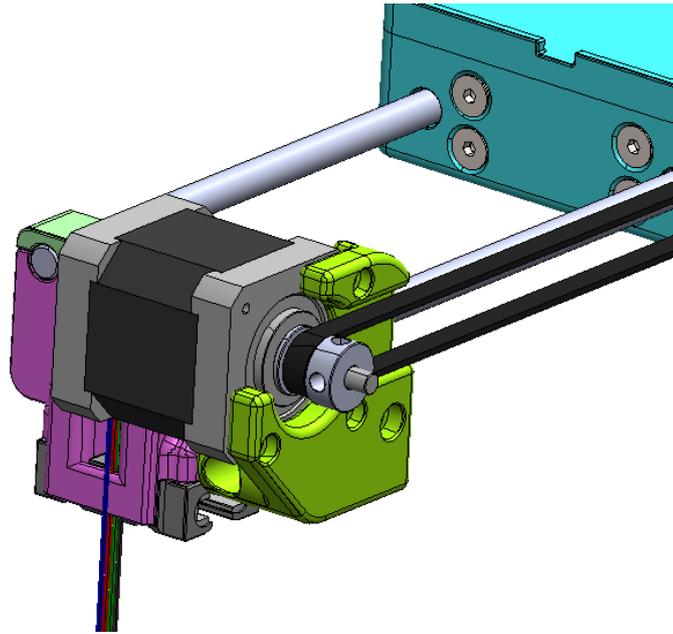
mejora de tiempos de ensamblado y reparación, se decidió hacer que el propio carro formara parte de un conjunto a parte, el cual, si bien se monta en el eje Y, este no formara parte de este a la hora de catalogarse como tal conjunto.

Por otro lado, para poder conocer el estado del carro a lo largo de este eje Y se ha colocado en una de las piezas laterales, que soportan los ejes calibrados, un sensor de final de carrera. Se puede ver en la **Figura 3.3**. De este modo, haciendo una puesta a 0 y sabiendo la posición del carro al inicio se puede hacer el correcto desempeño del carro en este eje Y.



**Figura 3.3.** Final de carrera electromecánica del eje Y. Fuente: Propia.

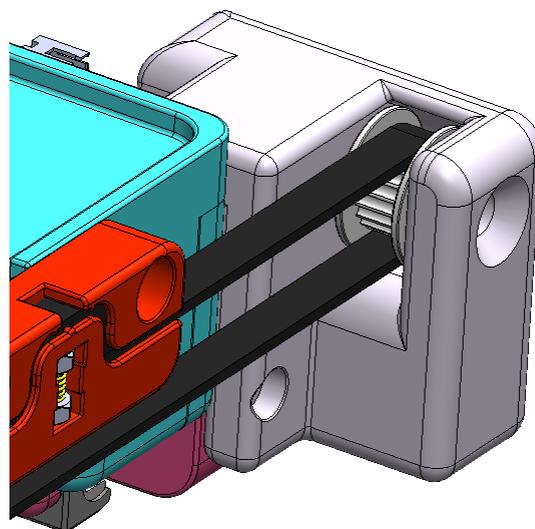
Respecto al movimiento del carro se hace mediante un motor paso a paso incorporado en una de las piezas laterales y junto con un sistema de correa dentada, piñón y tensor se consigue el movimiento paralelo a los ejes que, con el control deseado sobre el motor, se consigue el arrastre del mismo carro. A continuación, se muestra en detalle las partes comentadas que consiguen este movimiento. En la **Figura 3.4** se puede observar la posición del primer elemento fundamental que es el motor paso a paso.



**Figura 3.4.** Motor paso a paso Nema 17 del eje Y. Fuente: Propia.

Dicho motor es un Nema 17 el cual se escogió debido a su pequeño dimensionado y grandes prestaciones, tales como; par motor de 0.5 Nm, precisión de pasos de 1.8 grados y bajo consumo.

Seguidamente, en el extremo opuesto se observa, representado en la **Figura 3.5**, la polea que genera la trayectoria de la paralela a lo largo del mismo eje Y.



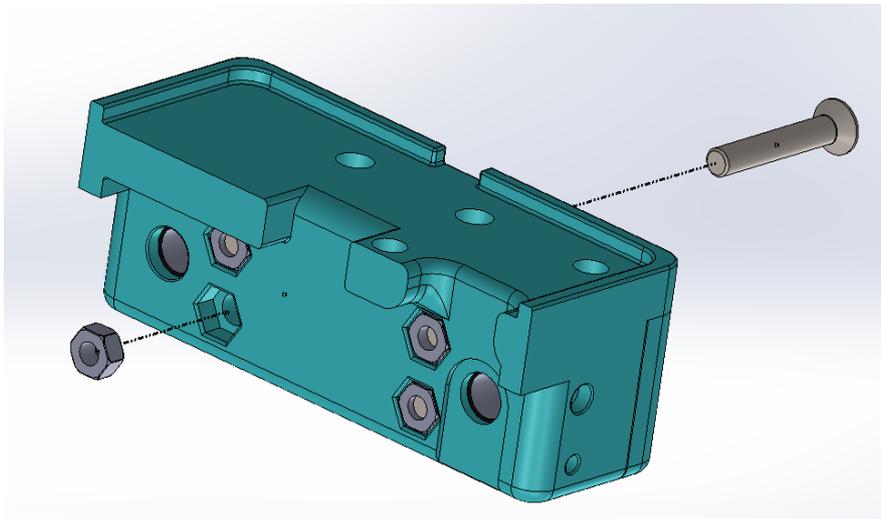
**Figura 3.5.** Polea de posición correa eje Y. Fuente: Propia.

### 3.4.2. Carro de unión de sistemas Y e extracción

Esta pieza, es el corazón del mecanismo y el encargado de juntar diversas funcionalidades y sistemas en un mismo conjunto. Esta se ha diseñado con la mentalidad de prototipado, al igual que muchas de las piezas del conjunto final.

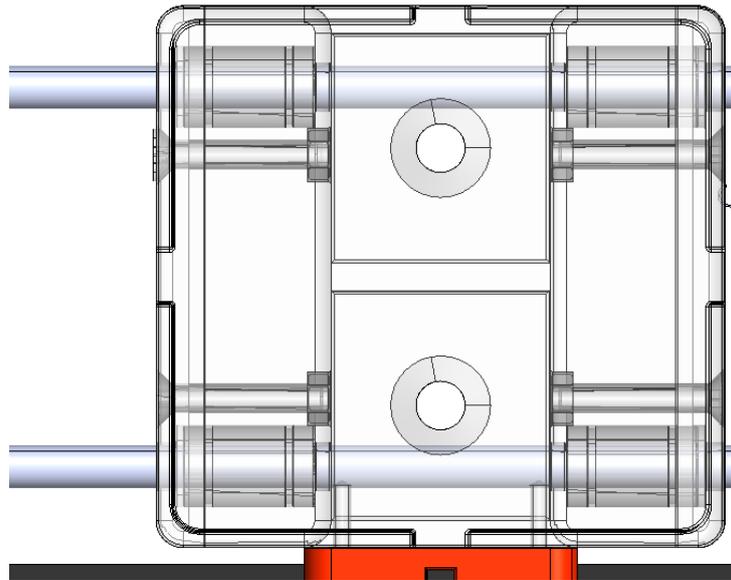
Se puede observar cómo se intenta maximizar la omisión de realización de tareas, post fabricación, de mecanizado. En concreto las roscas métricas, se omiten generando alojamientos con las dimensiones de la tuercas DIN 934.

Se puede ver en la **Figura 3.6**, la pieza en cuestión seccionada donde se aprecia la técnica empleada y utilizada en infinidad de piezas del conjunto final.



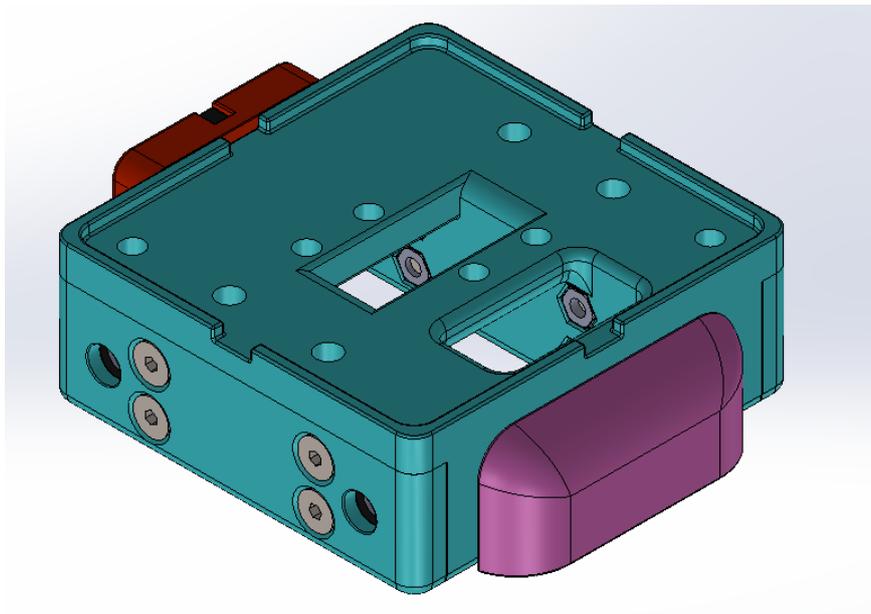
**Figura 3.6.** Seccionado y explosionado de sistemas de unión roscada del carro. Fuente: Propia.

Referente al mismo eje Y. Se encuentra, a modo de conjunto añadido, el conjunto portador del propio carro principal. Este sistema de guiado se constituye de unas guías cilíndricas de 8 milímetros de diámetro. Estas están calibradas y se soportan en su sitio gracias a dos piezas laterales a la distancia correspondiente. Sirven de guiado para el carro, que incorpora 4 rodamientos de bolas en forma cilíndrica. Se puede apreciar en la **Figura 3.7** el conjunto inicial adoptado para las funciones diseñada que en un futuro aumentaron haciendo que la forma y conjunto tal variara.



**Figura 3.7.** Representación sistema guías y rodamientos lineales eje Y. Fuente: Propia.

El modelo final adoptado pues, aun que conserva la distribución y dimensiones totales a la par que la posición y rodamientos que se seleccionaron, en esta versión final diseñada el cambio, a lo que sistemas acoplados refiere y a forma central, cambió. Se puede observar en la **Figura 3.8**.



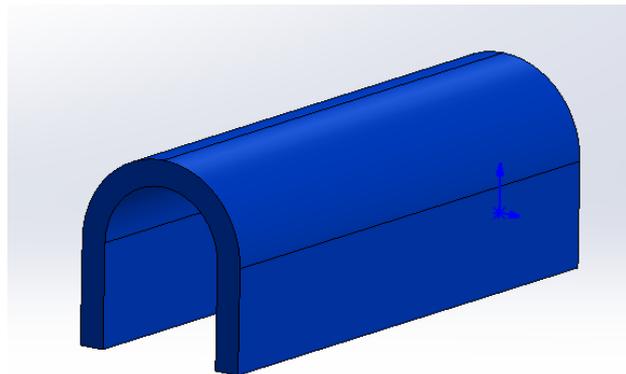
**Figura 3.8.** Representación del diseño final del carro central. Fuente: Propia.

Referente a los elementos o sistemas añadidos al carro, tal y como se ha comentado anteriormente, se destaca que finalmente los sistemas atribuidos en totalidad al carro son:

- Sistema de cobertura de guía lineal
- Sistema de guiado de dosis
- Apertura y fijación para el conjunto extractor de dosis
- Sistema de guiado
- Sistema de unión, transmisión de movimiento y tensado de correa dentada
- Sistema de final de carrera

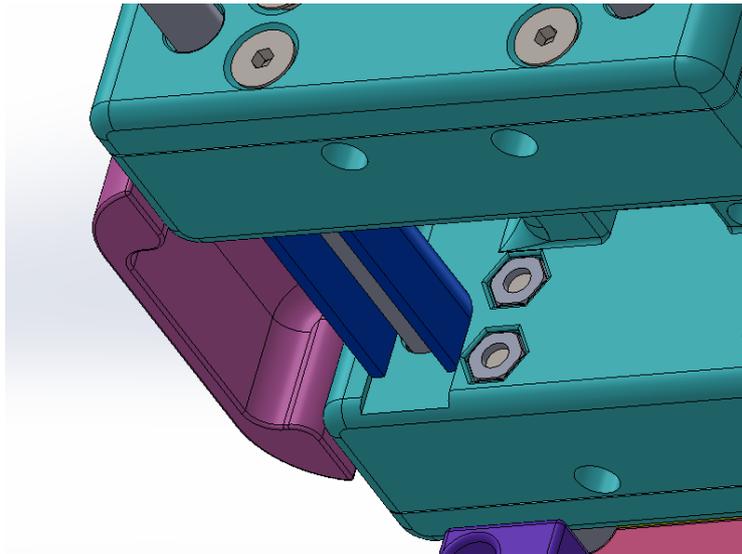
### Sistema de cobertura de guía lineal

Cuando se estudió la salida y posibles colisiones a la hora de caer las dosis de los blísteres, se observó que la posibilidad de que los fármacos entraran en contacto con uno de los ejes lineales de guiado era un hecho hartamente probable. El problema era que estaos ejes, están mínimamente lubricados y podían contaminar las tomas. Como solución se equipó al conjunto con una simple pieza, que se puede observar en la **Figura 3.9**, la cual se coloca por interferencia con la estructura del carro, y su función es la de evitar dicha colisión o interacción por contacto entre las dosis y los ejes del conjunto Y.



**Figura 3.9.** Representación de pieza cobertura de guía. Fuente: Propia.

Finalmente, se puede ver en la **Figura 3.10** la posición de la pieza dentro del conjunto.

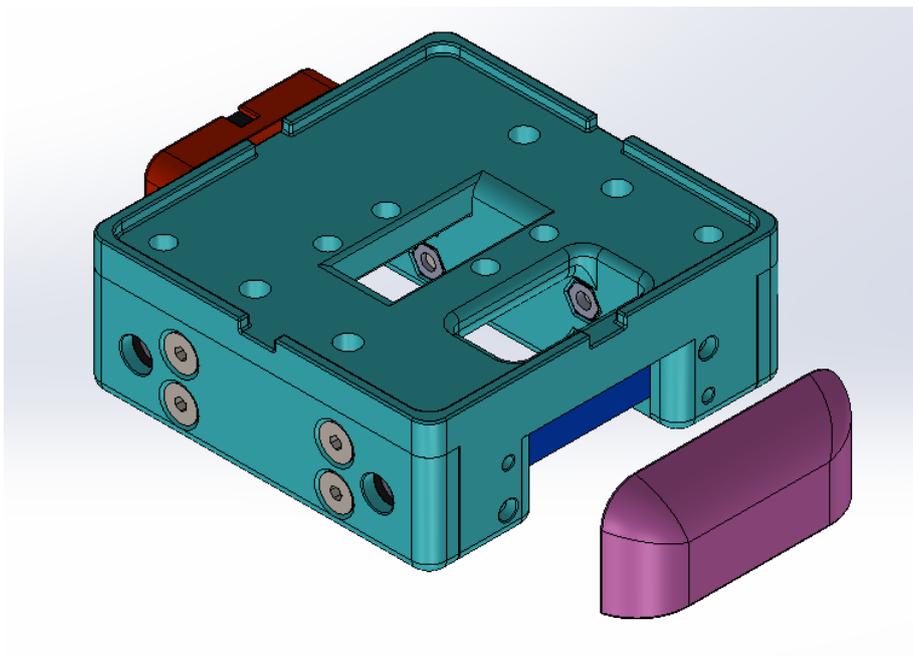


**Figura 3.10.** Vista del posicionado de la cobertura de guía. Fuente: Propia.

### Sistema de guiado de dosis

La funcionalidad de dicho sistema, tal y como su propio nombre indica, reside en permitir y facilitar el guiado de las dosis las cuales han sido previamente extraídas.

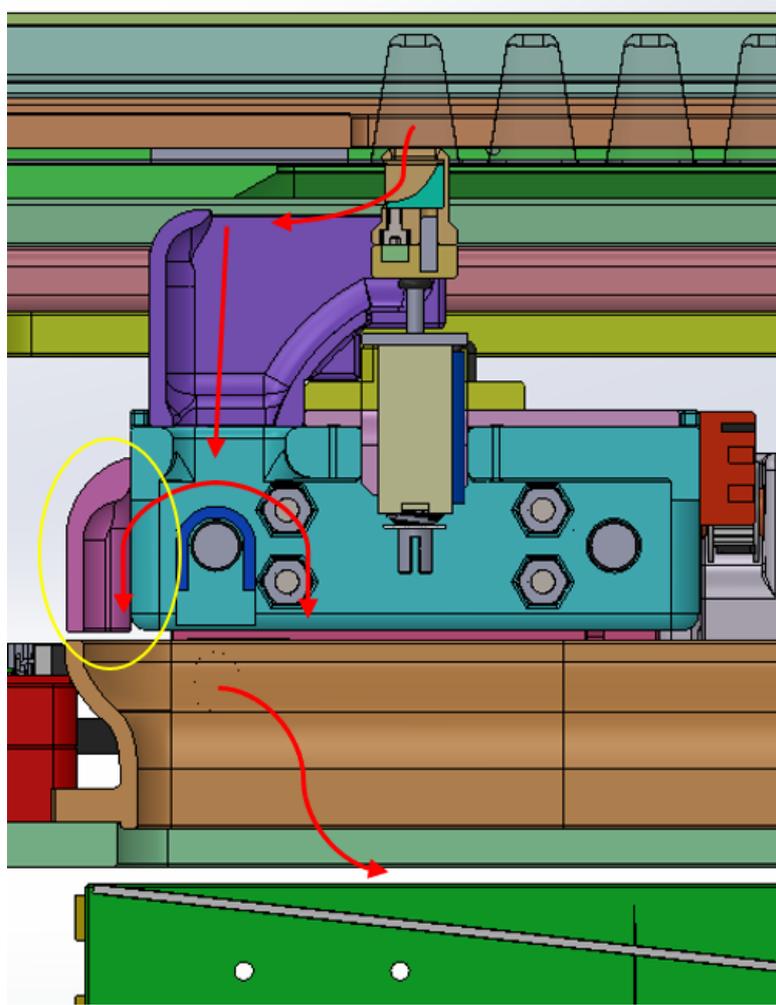
Se puede apreciar en la **Figura 3.11** la pieza del sistema tratado.



**Figura 3.11.** Posicionado de la pieza de guiado de dosis en el carro. Fuente: Propia.

Debido a la cantidad de elementos del conjunto carro, junto a la aleatoriedad de dirección que pueden tomar las dosis al salir de los blíster, existía la posibilidad de que estas mismas pudieran no llegar al punto final deseado. Por ello, este sistema conformado por una pieza unida al carro permite el guiado y perfecto ajuste con el sistema de recogida y guiado del piso intermedio del conjunto máquina.

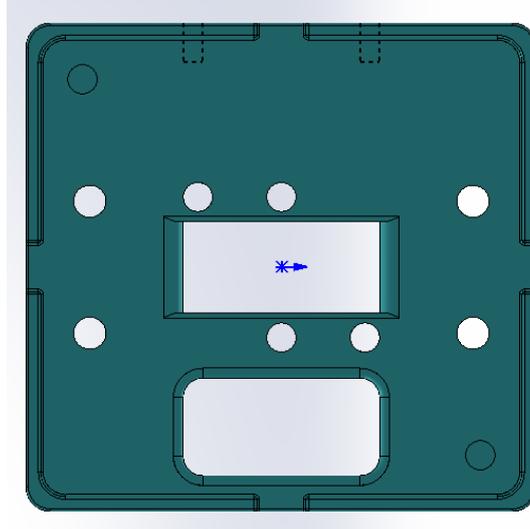
Se puede observar en la **Figura 3.12** el recorrido de las dosis y la localización de la pieza de dicho sistema.



**Figura 3.12.** Seccionado y representación del guiado de las dosis desde el blíster.  
Fuente: Propia.

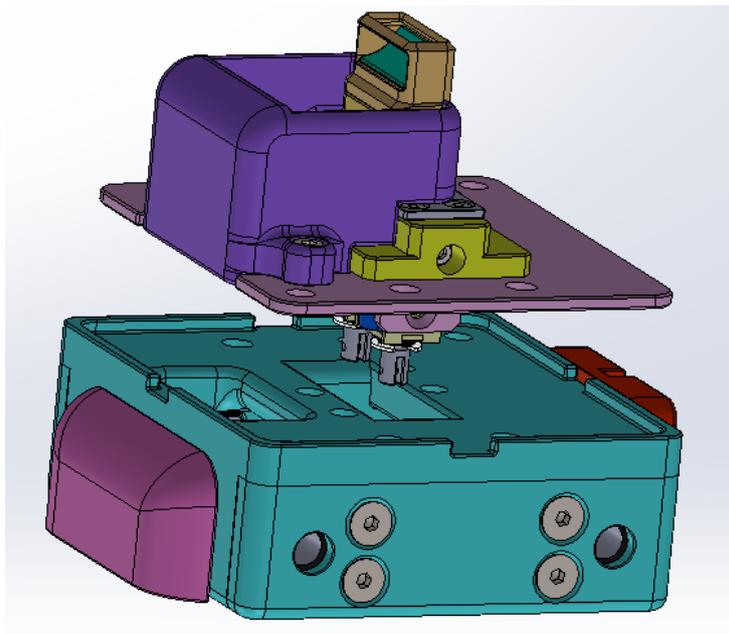
### Apertura y fijación para el conjunto extractor de dosis

En la zona central, existen dos aperturas, en la **Figura 3.13** se pueden apreciar.



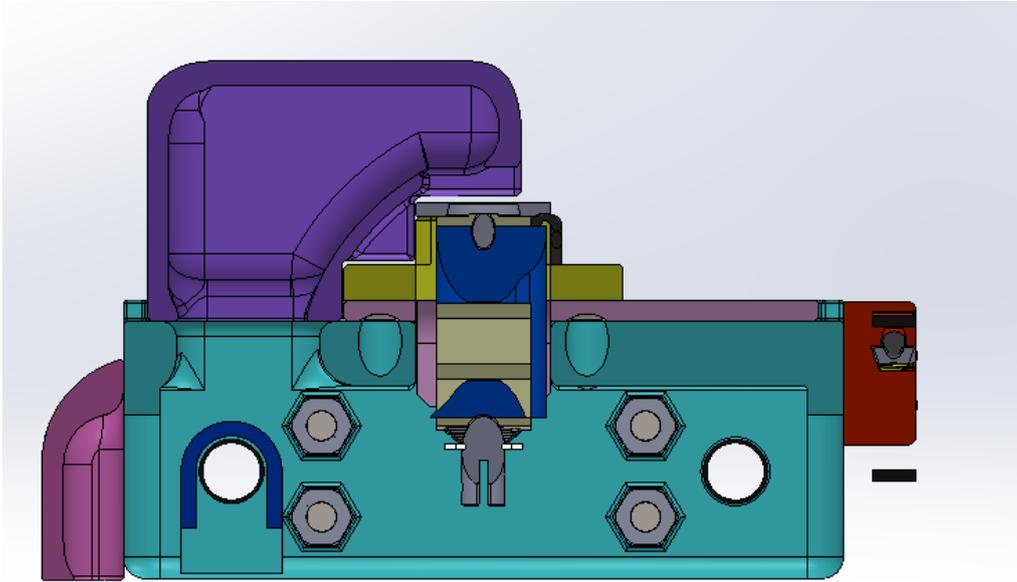
**Figura 3.13.** Detalle de vista de las aperturas en la pieza carro. Fuente. Propia.

Una de las aperturas tiene la función de albergar y unir al carro el conjunto extractor de dosis. Se puede observar en la **Figura 3.14** el conjunto y posición de este.



**Figura 3.14.** Representación de unión entre sistemas descritos. Fuente: Propia.

La otra apertura tiene la función de permitir la salida y guiado pasivo de las dosis una vez que estas son extraídas por el conjunto anteriormente comentado. Se puede observar en la **Figura 3.15** la funcionalidad y posición de la misma oquedad.



**Figura 3.15.** Seccionado del carro. Fuente: Propia.

### Sistema de guiado

Referente al sistema de guiado, el carro alberga un total de 4 unidades de rodamientos lineales. En concreto los rodamientos seleccionados tienen la apariencia que se aprecia en la **Figura 3.16**.

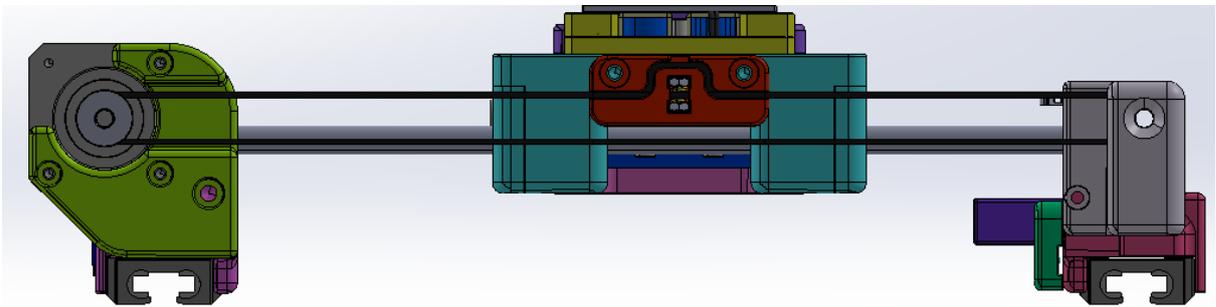


**Figura 3.16.** Rodamientos lineales de bolas Misumi LMU8. Fuente: Propia.

Estos rodamientos junto a las varillas calibradas y rectificadas de diámetro 8 que hacen de estructura fija por la que los rodamientos se deslizan, confieren al conjunto de una gran capacidad de deslizamiento por todo el plano.

### Sistema de unión, transmisión de movimiento y tensado de correa dentada

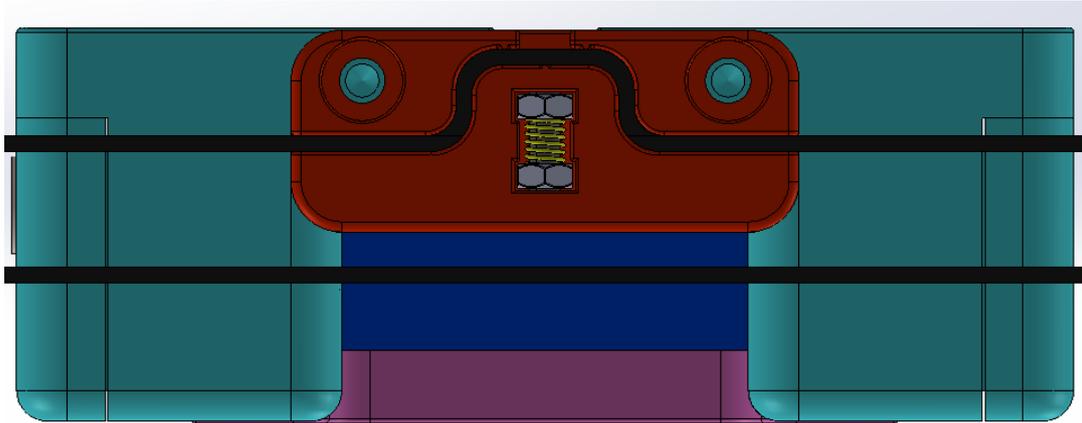
Se puede observar en la **Figura 3.17** que el sistema de unión del propio carro con el sistema de guiado en eje Y se hace mediante los ejes calibrados.



**Figura 3.17.** Trayectoria completa correa eje Y. Fuente: Propia.

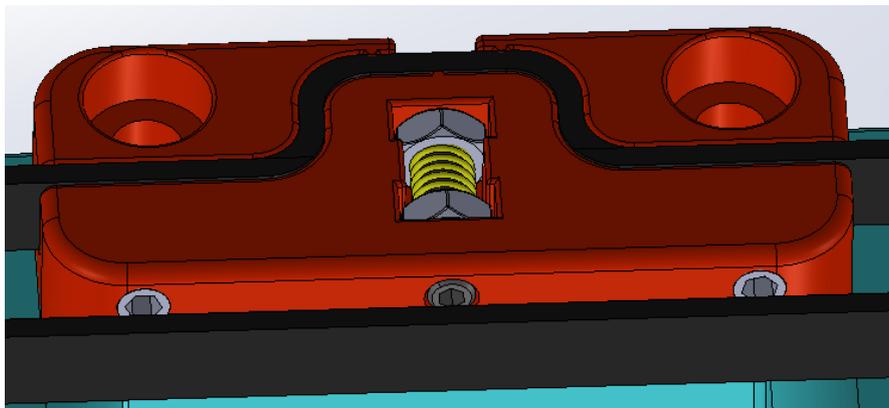
Además, el sistema de transmisión y tensado, el cual hace uso del mismo conjunto pieza, se trata de un mecanismo con un sistema ajustado a las dimensiones de la correa dentada seleccionada para el diseño junto a un sistema de muelle con prisionero, donde además de tener la posición deseada, por la interferencia de dimensionado entre correa y pieza, se aporta un extra de rigidez y tensado al conjunto con la regulación del sistema de pasador muelle.

El muelle tiene la función constante de ejercer fuerza en ambos sentidos de las tuercas, buscando mantener la tensión deseada y dada por el montador para un correcto funcionamiento del conjunto de tensado de la correa dentada. Este conjunto pieza se puede ver en la **Figura 3.18**.



**Figura 3.18.** Sistema de tensado y unión de la correa al carro. Fuente: Propia.

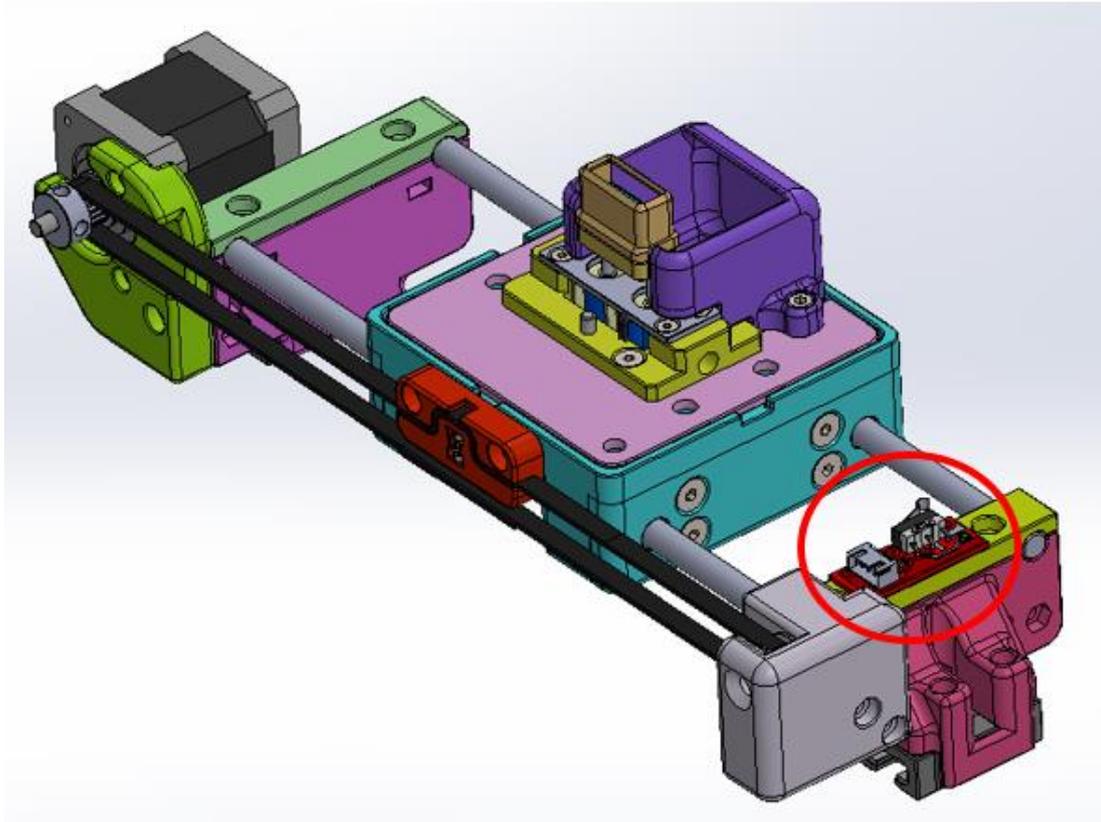
Con el objetivo de mostrar y hacer entender de una manera más fácil al lector el sistema de ajuste y tensado de la correa, se aporta otro ángulo del conjunto. Se observa en la **Figura 3.19**.



**Figura 3.19.** Vista detalle del sistema de tensado y unión correa. Fuente: Propia.

### **Sistema de final de carrera**

Se incorpora un final de carrera electromecánico el cual da la posición cero del eje en cuestión y dota de mayor seguridad y precisión al sistema, en el conjunto de eje Y. No obstante, el elemento encargado de interactuar con dicho sensor de final de carrera es el propio carro. Se puede apreciar en la **Figura 3.20**.



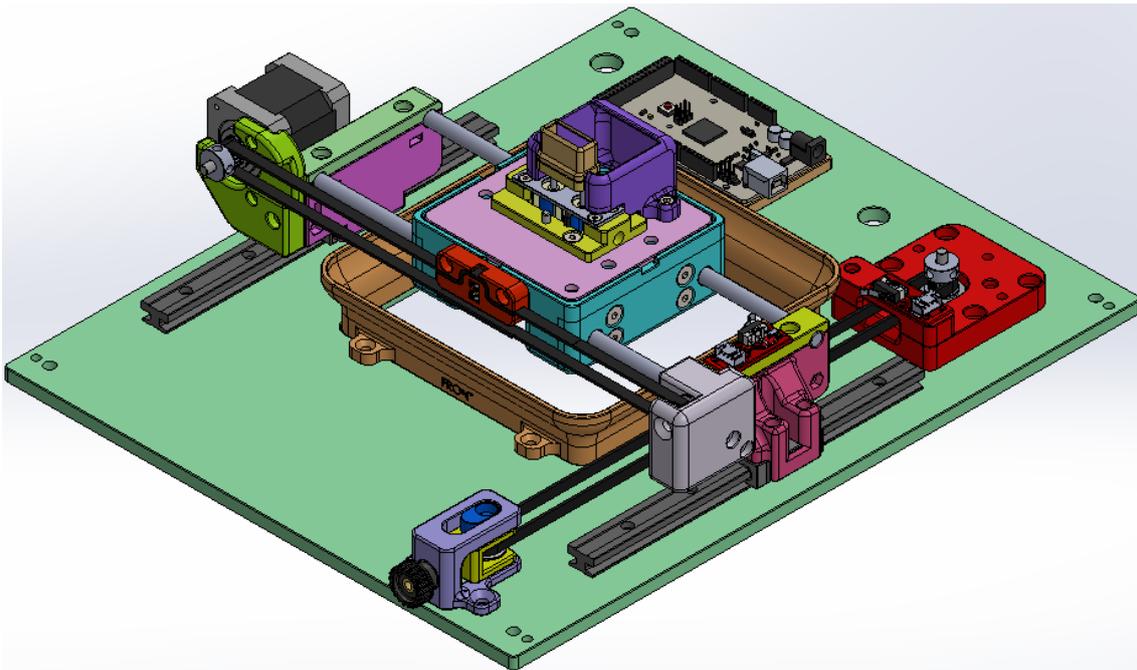
**Figura 3.20.** Posicionado del final de carrera del eje Y. Fuente: Propia.

### 3.4.3. Sistema de guiado en eje X

Para el sistema de guiado del carro principal, que es el que alberga el conjunto extractor de dosis, es importante tener en cuenta la precisión, las fuerzas que intervendrán y la versatilidad de los movimientos a la par que la zona de trabajo del producto sobre el SPD.

Por ello, se optó por hacer un guiado mediante guías lineales y patines. Es cierto que se barajaron soluciones tales como sistema por husillos, pero pensando en los costes totales y la simplificación de posibles mantenimientos posteriores del conjunto se decidió desarrollar el sistema tal y como se explica a continuación.

Referente al eje X, hay que saber que mueve a la vez todo el eje Y explicado en el apartado anterior. Además, este conjunto se trata del piso intermedio de los 3 existentes en la versión del producto final. El resultado final se puede observar en la **Figura 3.21**.



**Figura 3.21.** Representación del sistema eje X. Fuente: Propia.

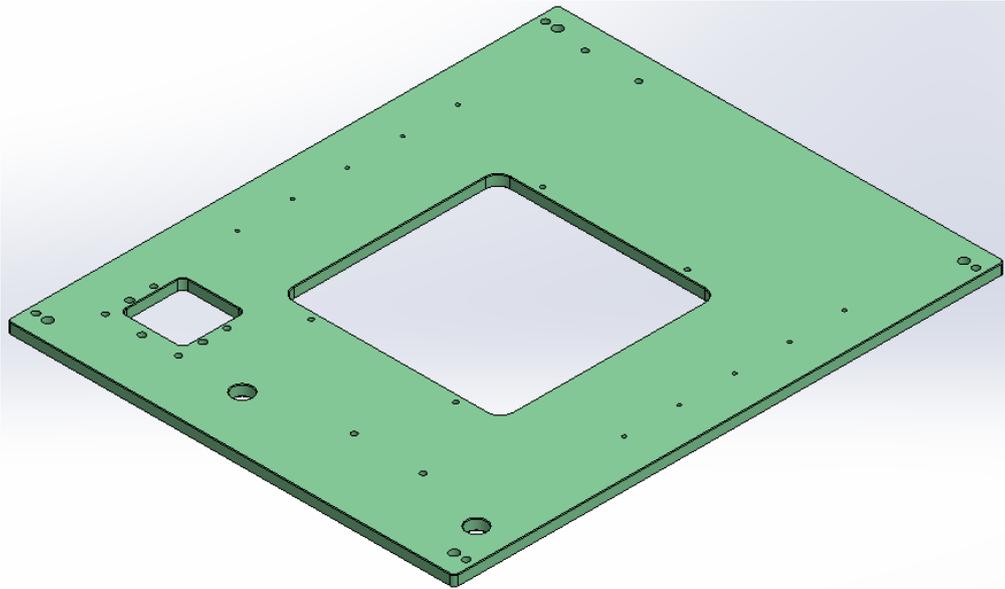
El resultado final del sistema X, abarca no tan solo el propio sistema de guías lineales, sino otros elementos y sistemas importantes que componen el mismo conjunto los cuales son:

- Bancada
- Sistema de movimiento
- Sistema de guiado de dosis por límites
- Sistema de tensado de la correa dentada
- Sistema de final de carrera

### **Bancada**

Se trata del alma del conjunto ya que alberga todos los subsistemas y conjuntos del mismo eje X. Esta pieza es una plancha de aluminio de 8 mm la cual forma parte de la estructura o esqueleto del producto final ya que es el elemento el cual, mediante perfilería de aluminio extruida, se une con el resto de las bancadas de los otros sistemas.

Se puede ver en la **Figura 3.22** dicha pieza.

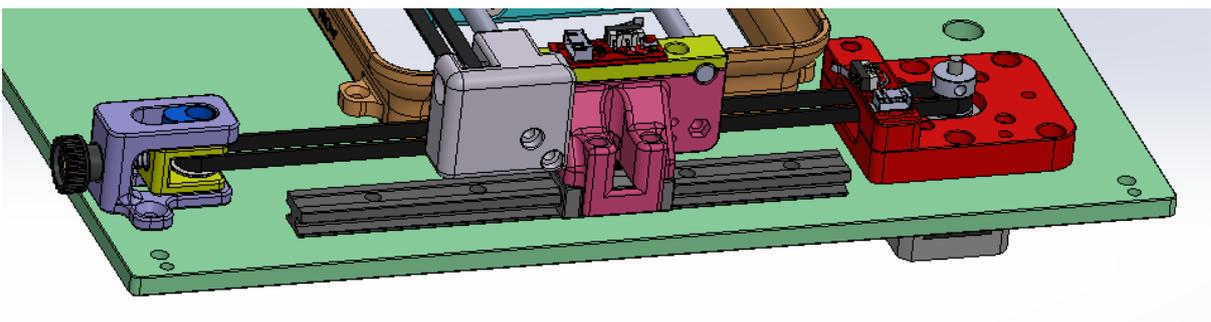


**Figura 3.22.** Bancada del sistema de guiado de ejes X e Y. Fuente: Propia.

### Sistema de movimiento

Este sistema tal y como su nombre describe, se trata de un mecanismo encargado de generar el movimiento deseado al sistema de una forma precisa. En este caso, al generar dicho movimiento, lo que se desplaza es el conjunto de eje Y a lo largo del eje X.

Se puede observar en la **Figura 3.23** el conjunto del sistema de movimiento



**Figura 3.23.** Detalle sistema de guiado lineal eje X. Fuente: Propia.

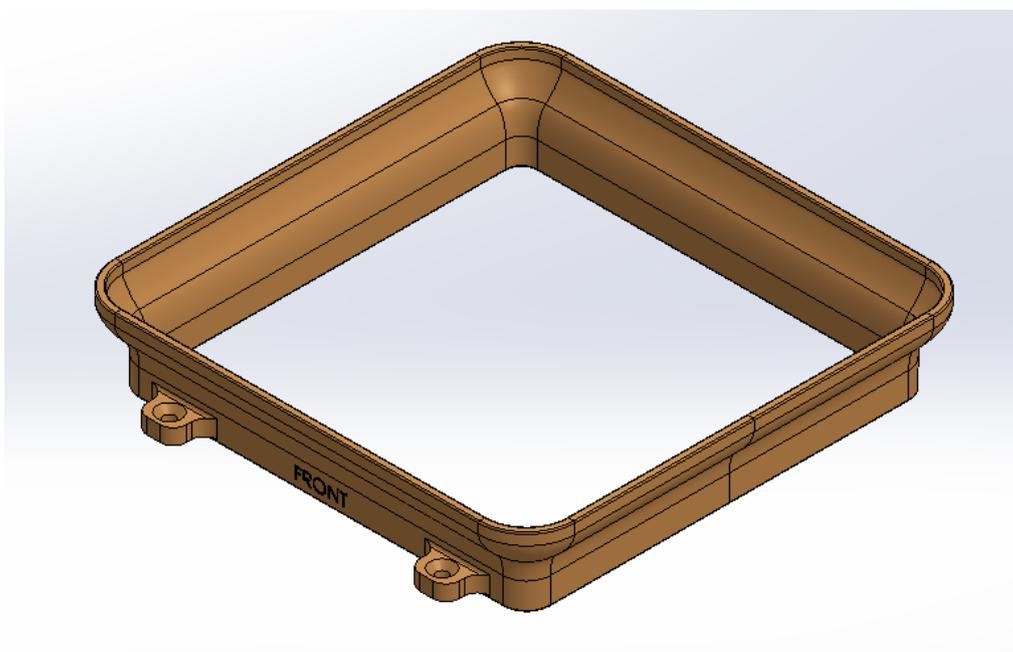
Esto se consigue mediante el uso de un stepper de mismas características que el empleado en el sistema de movimiento de eje Y. Este motor, junto a un conjunto de poleas dentadas, una correa dentada y un tensor, da la capacidad al conjunto de moverse con precisión.

Es importante recalcar que las mismas piezas laterales que constituyen el eje Y, son las encargadas de anclarse por la parte inferior a los patines de este eje X.

### Sistema de guiado de dosis por límites

Este sistema pasivo de funcionamiento no es más que una pieza que abarca a lo largo y ancho las dimensiones del carro extractor máximas, actuando sobre la propia extracción de las dosis de los blísteres. De esta forma, esta pieza evita posibles pérdidas o movimientos no deseados de las dosis una vez se extraen.

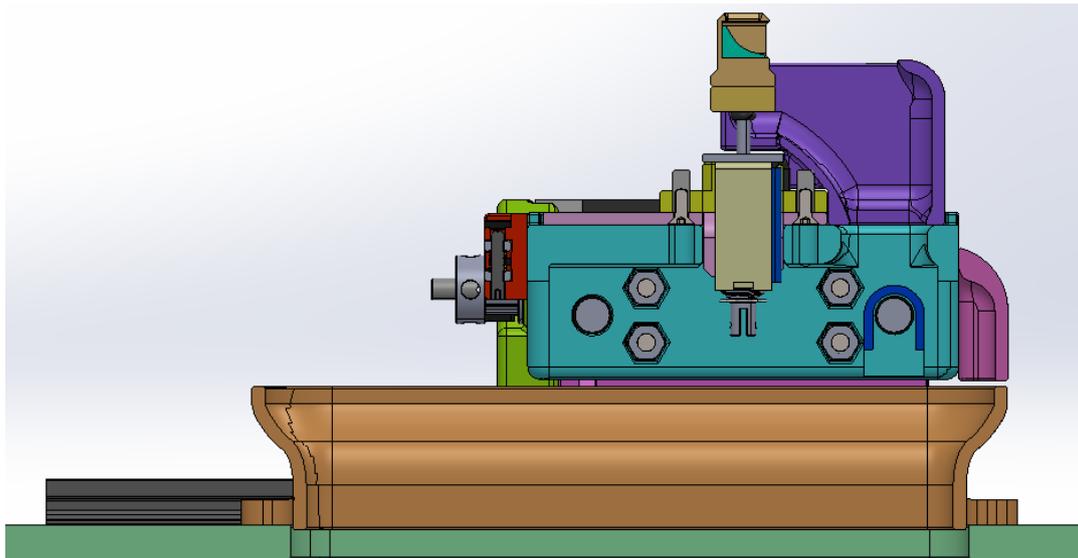
Puede verse en la **Figura 3.24** la pieza en cuestión.



**Figura 3.24.** Pieza de guiado pasivo de dosis del piso intermedio. Fuente: Propia.

Esta pieza forma parte del conjunto de pequeñas piezas que existen en todo el conjunto, y que se encargan de garantizar que en todo momento los fármacos extraídos estén controlados en lo que a su posición y trayecto refiere.

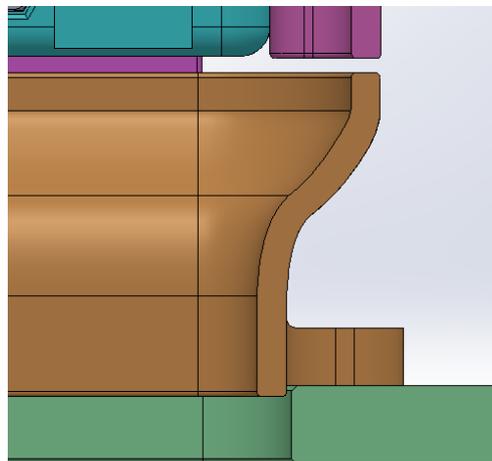
Se puede observar en la **Figura 3.25** la referencia a la posición límite del carro extractor con la pieza pasiva de guiado tratada en este sistema y subapartado.



**Figura 3.25.** Seccionado en posicionado máxima. Fuente: Propia.

Como dato para tener en cuenta sobre esta pieza, se trata de una pieza que, en caso de precisarse, ya sea por mantenimiento o montaje, puede desmontarse sin tener que desmontar el sistema de eje Y completo. Esto se debe a que está diseñada con las dimensiones justas para poderse centrar en la bancada, con el nervio saliente inferior, pero en caso de desearse, poderse desfiar la tornillería y sacar la pieza pasiva por un lateral sin más complicaciones.

Se añade la **Figura 3.26**, donde se aprecia la representación del nervio del auto centrado con la bancada y la dimensión permisiva de extracción e implementación de la misma pieza en su sitio.

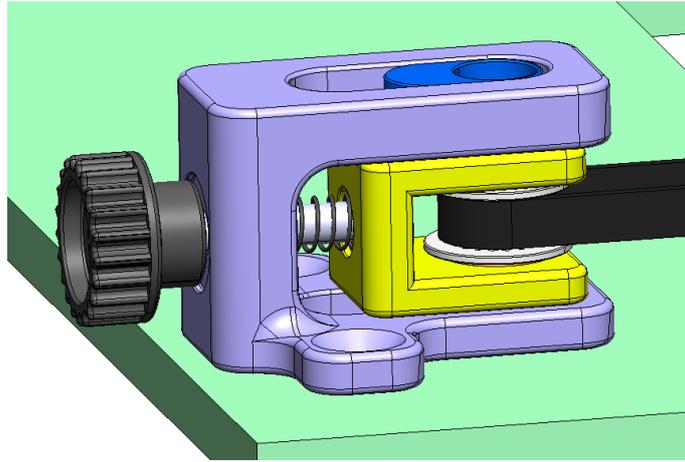


**Figura 3.26.** Detalle límite entre piezas descritas. Fuente: Propia.

### Sistema de tensado por correa dentada

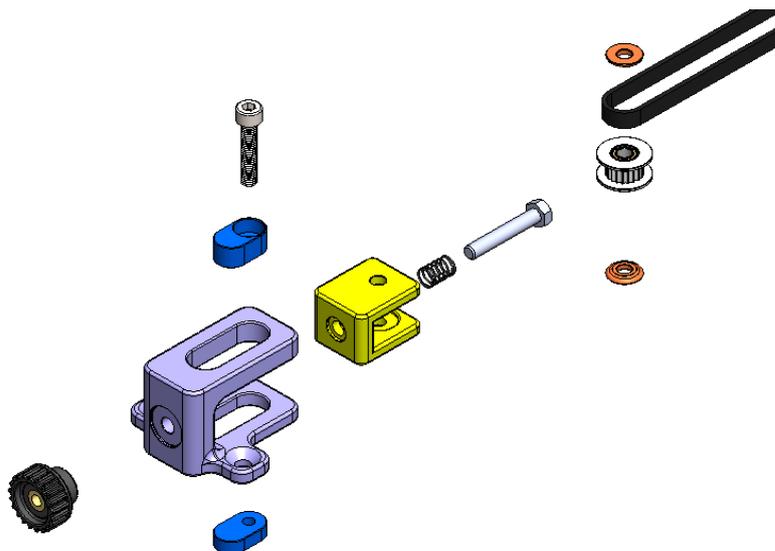
Este sistema, como su nombre indica, se encarga de generar la tensión necesaria para el correcto funcionamiento del sistema de movimiento del eje X.

A diferencia del sistema empleado en el eje Y, en este caso se hizo uso de un sistema más fácil de ajustar mediante una rueda, se puede observar en la **Figura 3.27**.



**Figura 3.27.** Representación del sistema tensor de la correa del eje X. Fuente: Propia.

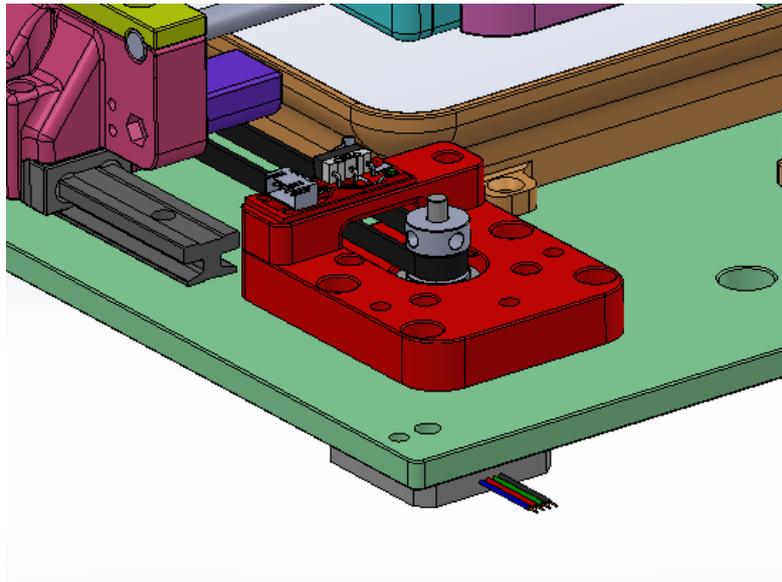
Este conjunto tensor se compone por diversas piezas que pueden observarse en el explosionado representativo de la **Figura 3.28**.



**Figura 3.28.** Explosionado tensor eje Y. Fuente: Propia.

### Final de carrera

De la misma forma que en el eje Y, en este eje también se incorpora un final de carrera electromecánico el cual da la posición cero del eje en cuestión y dota de mayor seguridad y precisión al sistema. Se puede apreciar en la **Figura 3.29**.



**Figura 3.29.** Final de carrera electromecánica del eje X. Fuente: Propia.

Como se puede ver en la **Figura 3.29**, la pieza encargada de interferir en la posición del elemento mecánico del propio final de carrera es la pieza representada en color lila, que va colocada con precisión mediante un conjunto de tornillos y pasadores a la pieza lateral del sistema del eje Y.

#### 3.4.4. Sistema de extracción de dosis

Para este sistema se barajaron diversas opciones entre las cuales se barajaba el variado de forma del sistema base de extracción. El contratiempo se halló en la resistencia de la lámina metálica del conjunto blíster del SPD. Era necesario algo capaz de atravesarlo y de abrir la cavidad correspondiente de la mejor forma posible. Se pensó en láser, pero el sistema ya encarecía de sobremanera el conjunto. Seguidamente se dio vueltas a hacer un

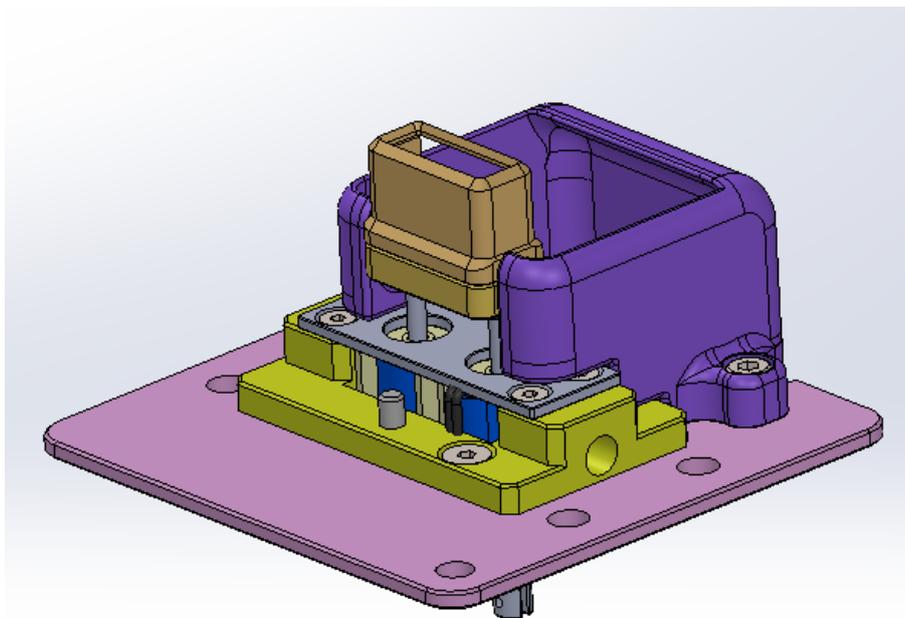
sistema de hilo caliente de Nicrom, pero esto generaría un mayor uso de normativas y daría una necesidad al conjunto de sistema de evacuación de posibles gases.

Finalmente, se decidió utilizar una pieza con las aristas superiores de la misma muy afilados, de forma que hicieran la función de cuchilla.

Por otro lado, referente al accionamiento del conjunto, se pensó en un principio en hacer uso de micromotores para Arduino de dudosa procedencia, pero gran capacidad por lo que a tamaño refiere. No obstante, se descartó por falta de base en el sistema y falta de confianza hacia el producto encontrado. Seguidamente se pensó en un simple servomotor de 180° junto a un sistema de piñón cremallera y un pivotado sistema de cuchillas provenientes de simples recambios de bisturís, pero otra vez más, se vieron demasiados componentes y posibles complicaciones y se decidió simplificar el sistema.

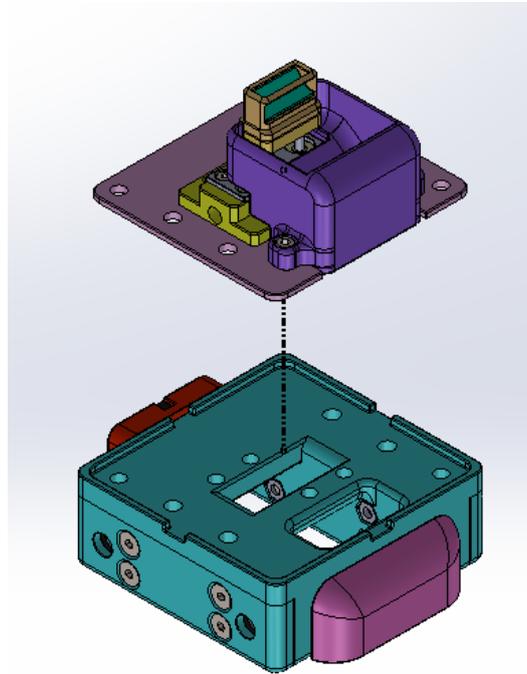
Finalmente se optó por la incorporación de dos actuadores eléctricos de simple efecto los cuales sostenían y guiaban la pieza planteada en un inicio con las aristas vivas, para de este modo, hacer la interferencia mediante un corte a lo largo y ancho de la lámina que mantiene las dosis dentro del blíster.

A continuación, se puede observar en la **Figura 3.30** el conjunto de sistema de extracción.



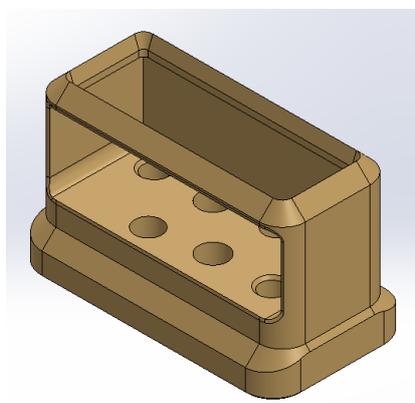
**Figura 3.30.** Representación sistema extractor de dosis. Fuente: Propia.

Dicho sistema va alojado con precisión mediante pasadores en el carro., Se puede ver la disposición en forma de explosionado en la **Figura 3.31**.



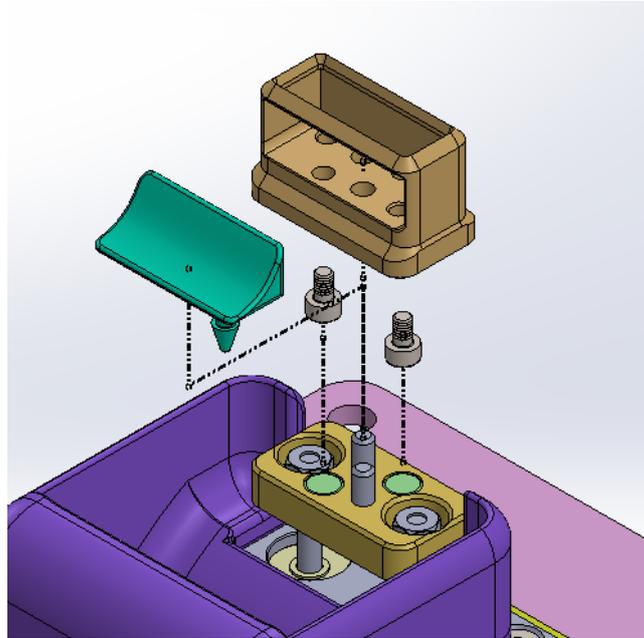
**Figura 3.31.** Explosionado del posicionado del sistema extracción y carro. Fuente: Propia.

La pieza que tiene mayor funcionalidad es la encargada de hacer la extracción de las dosis. Además, esta tiene la funcionalidad de hacer el guiado de los propios fármacos a través de ella misma. Se puede ver en la **Figura 3.32**.



**Figura 3.32.** Cuchilla y guía de dosis. Fuente: Propia.

Dentro de esta pieza cuchilla, se aloja una pieza de silicona de uso común en farmacología la cual su función es la de ayudar para el guiado de las mismas dosis tras el corte del blíster. Se puede ver la **Figura 3.33** el explosionado del sistema.



**Figura 3.33.** Explosionado sistema de cuchilla de sistema de extracción. Fuente: Propia.

La precisión del conjunto de cuchilla se consigue mediante un par de pasadores, y la unión se consigue mediante la fuerza ejercida por la atracción entre dos parejas de imanes de neodimio. Se puede ver en detalle en la **Figura 3.34**.

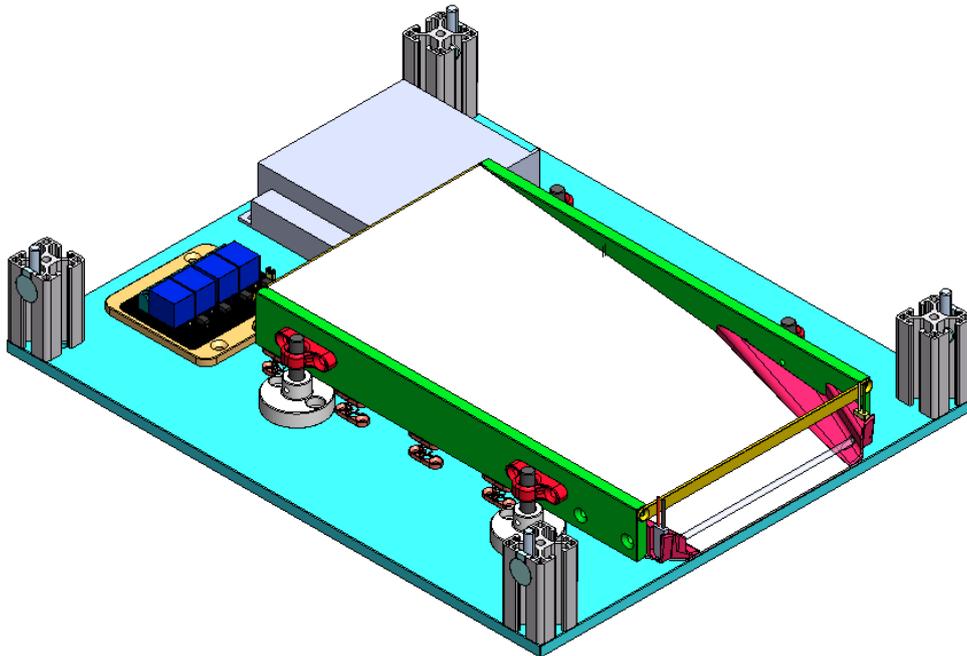


**Figura 3.34.** Detalle de guiado y anclado de la cuchilla de extracción. Fuente: Propia.

### 3.4.5. Sistema de guiado y rampas para dosis

La funcionalidad de este sistema recae en la acción de hacer el guiado final hasta la bandeja de salida del producto, donde el usuario hará la recogida de las dosis pertinentes.

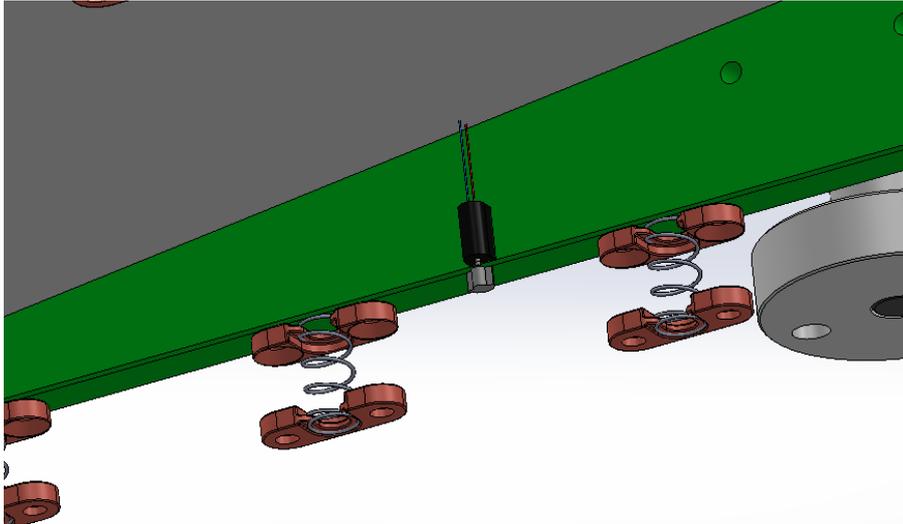
Dicho conjunto se compone de un sistema de placas flotantes tal y como se puede apreciar en la **Figura 3.35**.



**Figura 3.35.** Sistema de bandeja flotante de salida de dosis. Fuente: Propia.

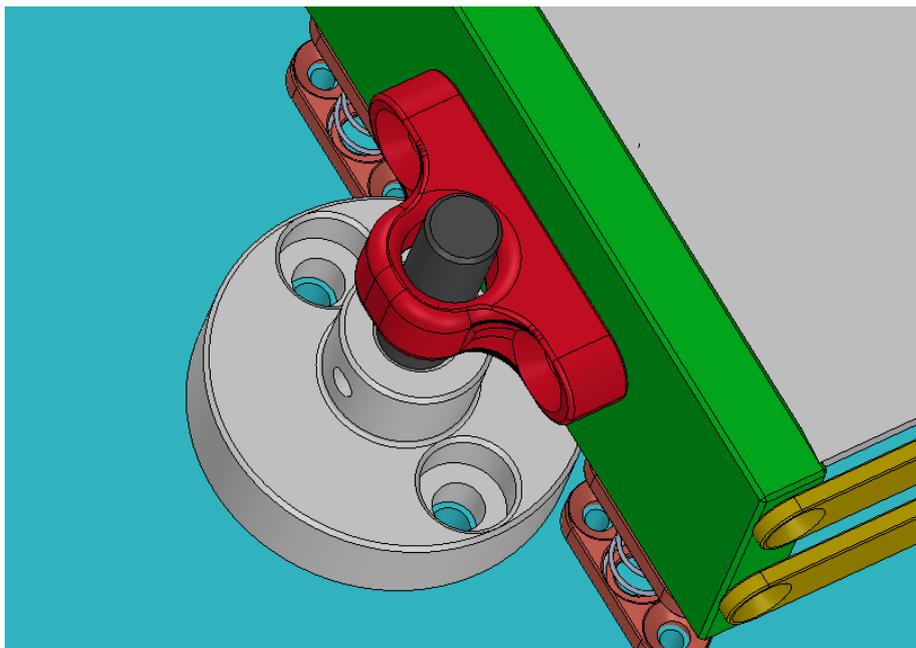
La placa central por donde se desplazan las dosis es metálica y con un acabado superficial muy fino, de manera que la oposición al deslizamiento de los propios medicamentos es casi nula. Aun así, para facilitar la trayectoria de estas, en caso de encallamiento de algún de las dosis a lo largo de esta placa, se equipó en la parte inferior del conjunto, un par de motores de corriente continua (DC) los cuales incorporan unas excéntricas en su eje rotativo, con la idea y función de generar una vibración y en resumen generar un pequeño cimbreo al conjunto flotante, con tal de ayudar a la bajada de las dosis por el mismo.

En la **Figura 3.36** se puede observar la posición de los motores DC.



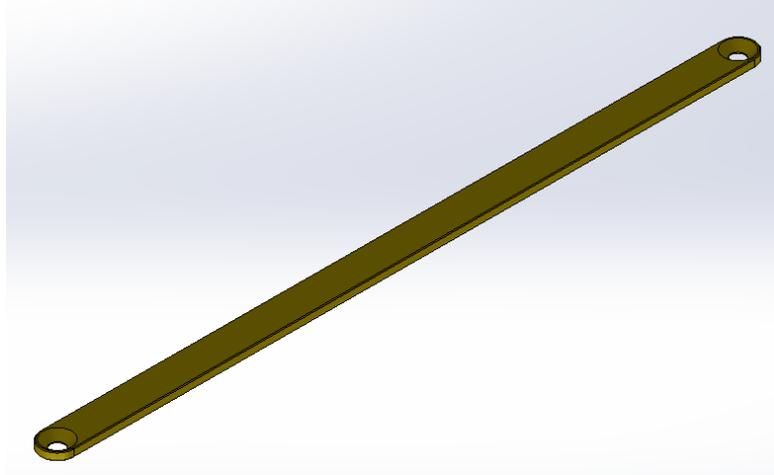
**Figura 3.36.** Posición de los motores DC con excéntrica. Fuente: Propia.

Las piezas laterales del sistema de guiado tienen 4 piezas laterales en los extremos, las cuales interfieren sobre 4 ejes anclados en la base o bancada inferior, donde se hallan 4 pies con 4 ejes de diámetro menor a las piezas laterales. La función de estas es la de marcar topes al conjunto entero en el momento en que se genera el cimbreo, para que de esta forma el movimiento libre durante la vibración sea controlado en cierta medida. Se puede apreciar en la **Figura 3.37** el sistema de vibración y límites empleado en el sistema.



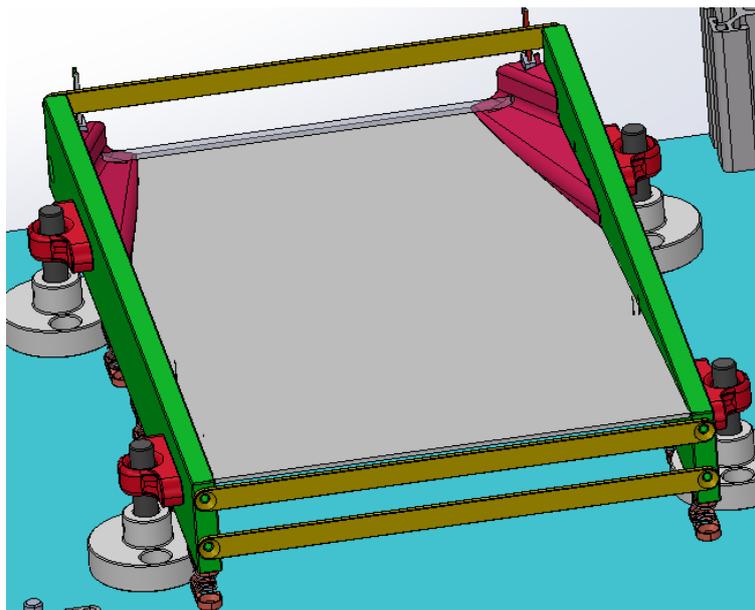
**Figura 3.37.** Sistema de límite de la libertad de cimbreado. Fuente: Propia.

Además, para dar rigidez al sistema de laterales y rampa, se añadieron unos tirantes rígido-metálicos que se pueden observar en la **Figura 3.38**.



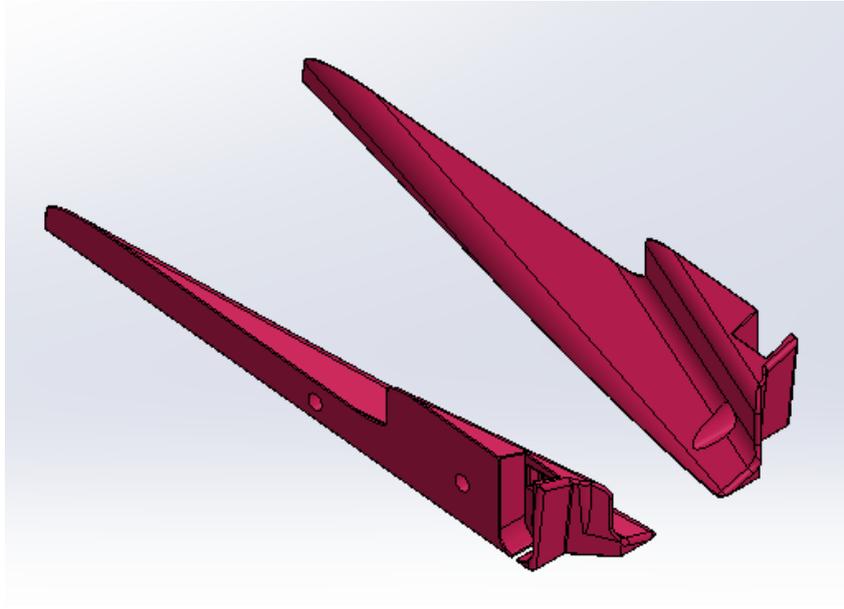
**Figura 3.38.** Tirante de refuerzo del sistema flotante. Fuente: Propia.

Estos tienen la funcionalidad de dar la rigidez deseada al conjunto y evitar posibles desplazamientos de la placa metálica central, que es el elemento más importante del sistema para el correcto guiado y funcionamiento de rampa de dosis. Se puede ver la disposición de dichos tirantes en la **Figura 3.39**.



**Figura 3.39.** Disposición de tirantes de refuerzo. Fuente: Propia.

Añadir, que, para el correcto guiado hacia la bandeja de recogida final, se incorporaron dos piezas en los laterales del sistemas, las cuales acaban de dar la inclinación y dirección de salida deseada para las dosis extraídas. Se pueden ver ambas piezas en la **Figura 3.40**.



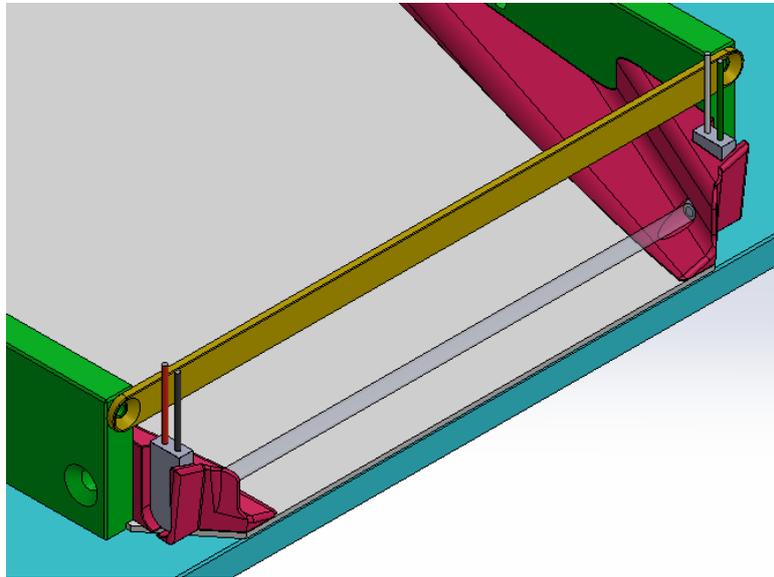
**Figura 3.40.** Piezas de guiado y alojamiento de sensórica. Fuente: Propia.

Aprovechando las piezas de guiado final del conjunto existente y viendo la necesidad de asegurar la salida de las dosis, se incorporó un conjunto de sensores emisor – receptor de infrarrojos, de dimensiones reducidas. Estos son los que se pueden ver en la **Figura 3.41**.



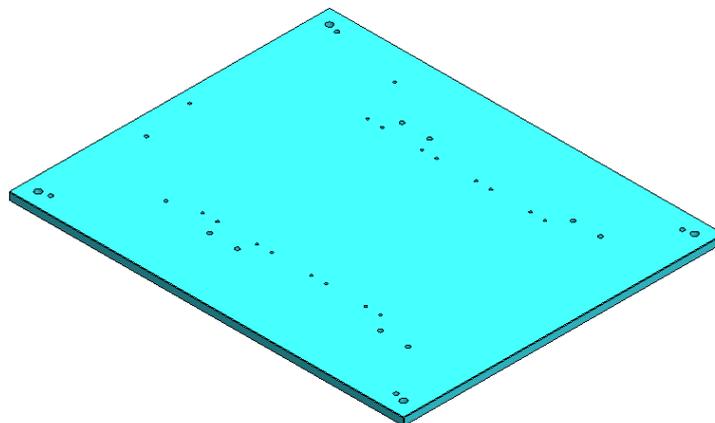
**Figura 3.41.** Sensores de infrarrojos Optek. Fuente: Propia.

Dichos sensores permiten la detección mediante el corte del haz de luz infrarroja para generar la señal deseada. Se puede observar la posición y colocación de estos en la **Figura 3.42**.



**Figura 3.42.** Disposición de sensórica detectora de salida de dosis. Fuente: Propia.

Todo el sistema va sostenido y anclado sobre la bancada inferior del conjunto. Esta tiene una gran importancia al igual que las otras dos bancadas existentes en el conjunto máquina. Además de posicionar y dar suelo al sistema, tiene los mecanizados necesarios para poder fijar este conjunto a la carcasa inferior. Puede verse en la **Figura 3.43** la bancada inferior.

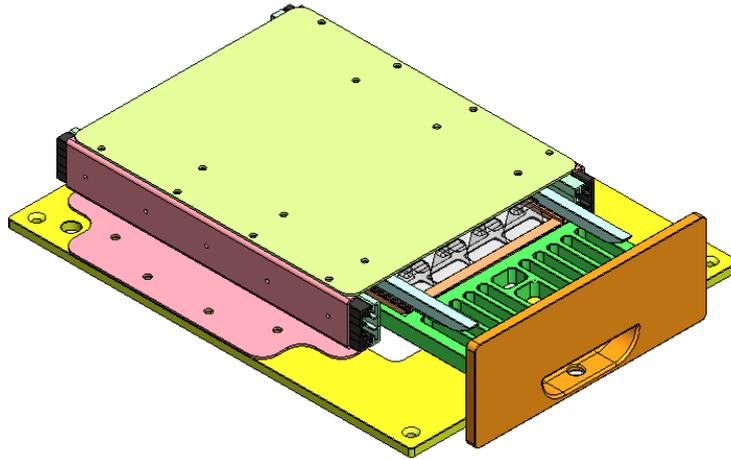


**Figura 3.43.** Bancada inferior del sistema de guiado. Fuente: Propia.

### 3.4.6. Sistema de bandeja para SPD

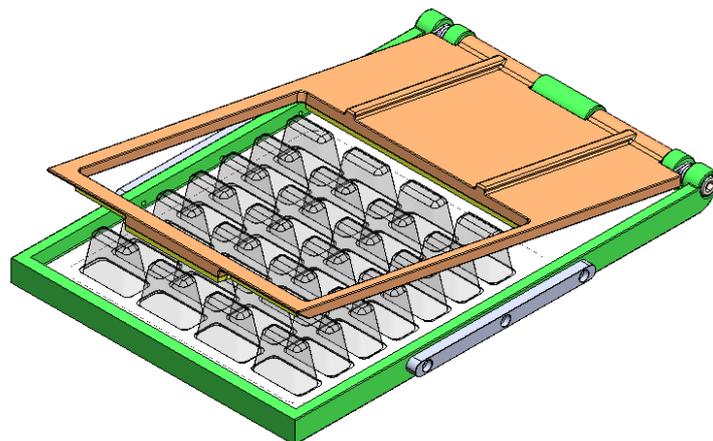
En este subapartado se trata el sistema de bandeja de colocación y extracción del consumible SPD.

Este conjunto se puede ver en la **Figura 3.44** y se detallará a continuación las diferentes partes que lo conforman.



**Figura 3.44.** Representación del sistema de bandeja para SPD completo. Fuente: Propia.

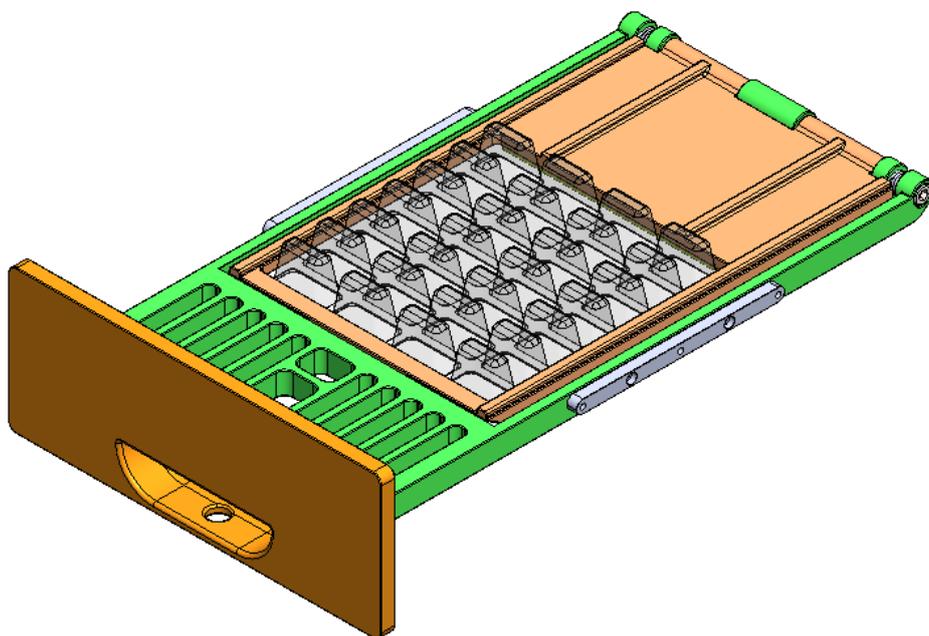
Se puede apreciar en la **Figura 3.45** el cómputo de SPD suministrada por proveedor al usuario final, dentro de la primera opción de diseño de bandeja que se adaptó al mecanismo y producto.



**Figura 3.45.** Representación sistema bandeja y guiado SPD. Fuente: Propia

Este sistema se compone de una base donde se posiciona la bandeja de blísteres SPD y una bandeja con apertura angular que bascula sobre un mismo punto en la parte trasera del conjunto. Además, el conjunto mediante unos muelles y unos topes de guía, ayudan a la correcta apertura angular necesaria para no entorpecer al usuario en la tarea de carga y descarga de la bandeja de SPD.

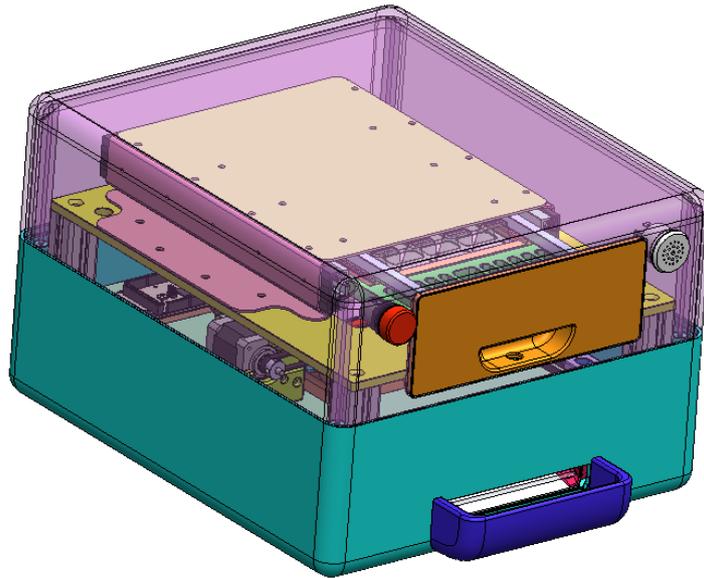
Una vez se acabó el conjunto de sistemas necesarios para la correcta funcionalidad de la tarea por la cual se diseñó el producto en sí, este sistema de bandeja sufrió un cambio el cual se puede apreciar en la **Figura 3.46**.



**Figura 3.46.** Conjunto final del sistema bandeja para SPD. Fuente: Propia.

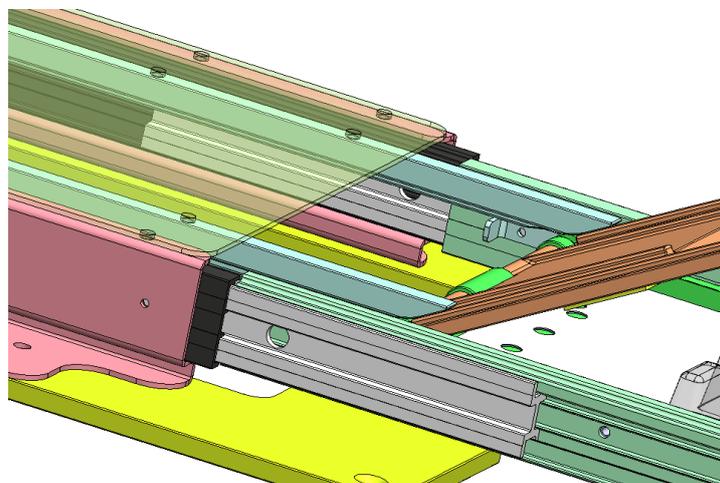
A diferencia del modelo que se había diseñado en un principio, se puede observar en primer lugar que la dimensiones totales de la bandeja contenedora aumentaron. Esto se puede comprobar en la **Figura 3.46**.

La razón de la prolongación de la bandeja recayó en el poder llegar a hacer la correcta unión de la misma con la maneta que quedaba enrasada con la carcasa exterior del producto. Se puede ver en la **Figura 3.47** la representación correspondiente.



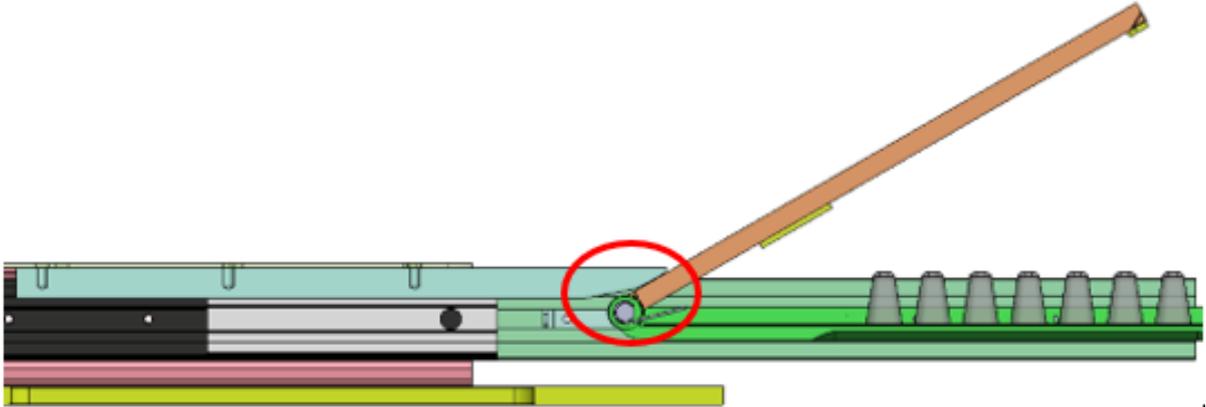
**Figura 3.47.** Disposición del sistema bandeja para SPD dentro del conjunto máquina.  
Fuente: Propia.

Por otro lado, lo que se añadieron fueron nervios por cada lado de la tapa de contención superior, la cual tiene la funcionalidad de ejercer la fuerza necesaria para que la bandeja de SPD no se mueva durante la estancia dentro de la máquina. La razón de ser de estos nervios añadidos fue la de añadir rigidez a la pieza ya que se trata de las partes del sistema de bandeja encargadas de interferir con unas piezas fijas de guiado que a medida que se va generando, por parte del usuario, el movimiento de apertura del conjunto, permita la apertura y guiado constante. Se puede ver en la **Figura 3.48** el sistema descrito.



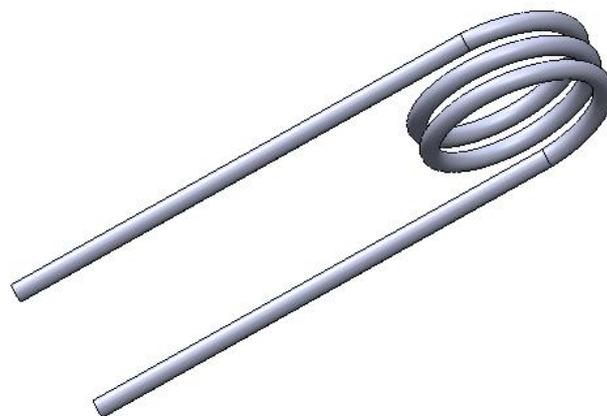
**Figura 3.48.** Detalle de guías telescópicas sistema bandeja SPD. Fuente: Propia.

Para mayor ayuda en el entendimiento de este sistema, se presenta en la **Figura 3.49** un seccionado donde puede apreciarse la interferencia de las piezas y el recorrido que sigue la bandeja móvil.



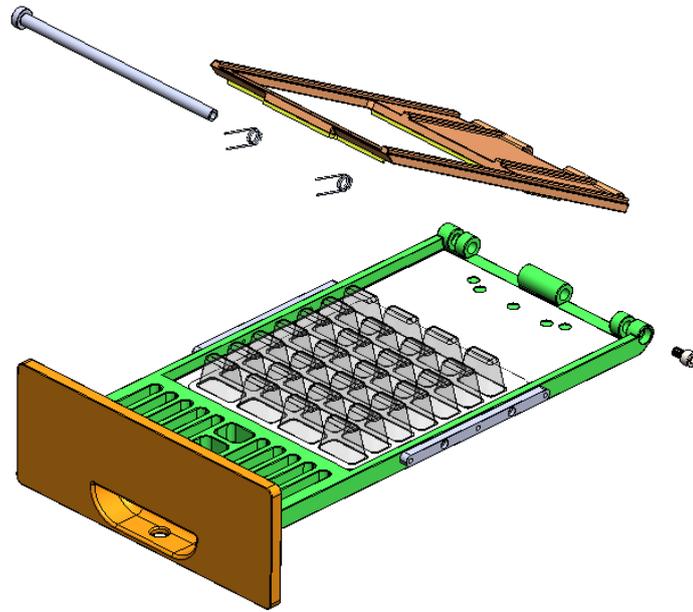
**Figura 3.49.** Seccionado del sistema bandeja para SPD. Fuente: Propia.

El movimiento de la parte de contención de las dosis, representado en las figuras con un color naranja, se consigue de forma automática mediante la colocación de un par de muelles a medida que tensionan constantemente, y en el momento que se permite una pequeña libertad del conjunto, se genera la apertura de la bandeja superior respecto la bandeja inferior que es donde se coloca la bandeja de dosis SPD. Se puede ver en la **Figura 3.50** el muelle empleado en el sistema.



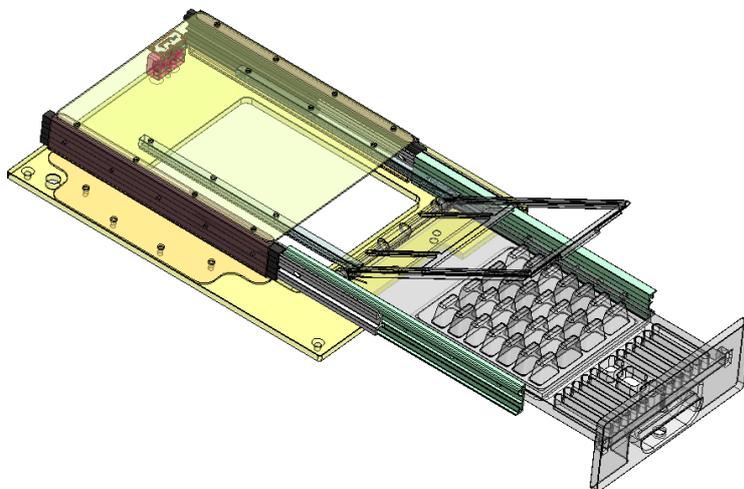
**Figura 3.50.** Muelle de apertura de bandeja SPD. Fuente: Propia.

Estos muelles se mantienen a sitio y a la vez permiten el movimiento de la tapa de la bandeja, mediante un expulsor calibrado que pasa a lo largo de ambas bandejas y tiene un roscado en el extremo opuesto a la cabeza de mayor diámetro. Se muestra en la **Figura 3.51** un explosionado para mayor entendimiento.



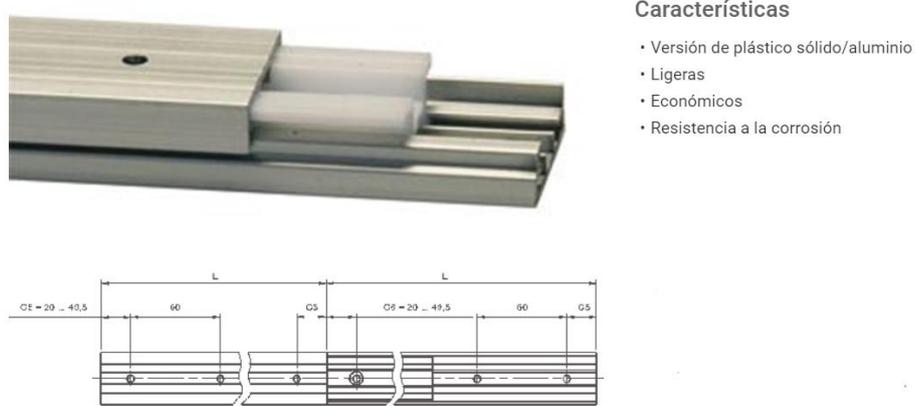
**Figura 3.51.** Explosionado del mecanismo tapa del sistema de bandeja SPD. Fuente: Propia.

El movimiento lineal y contenido se consigue mediante un sistema de guías telescópicas de tamaño reducido y de soporte de cargas normalizadas y pensadas para que el usuario no pueda dañar el sistema. Se pueden observar en la **Figura 3.52**.



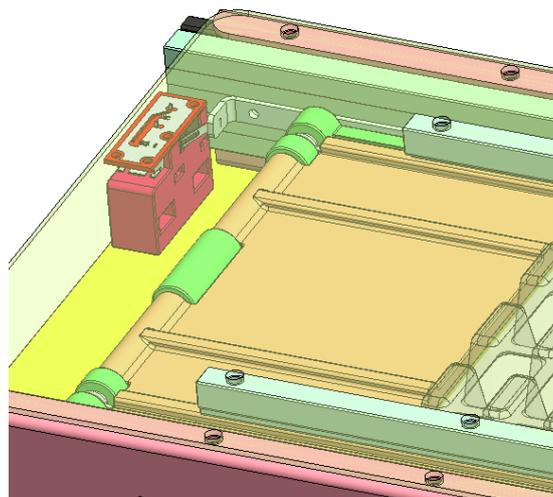
**Figura 3.52.** Disposición de las guías telescópicas dentro del conjunto. Fuente: Propia.

Estas guías se tratan del modelo NT-35 de la serie railes telescópicos Drylin de la marca Igus y destacan por su calidad y funcionalidad. Véase pues con detalle en la **Figura 3.53**.



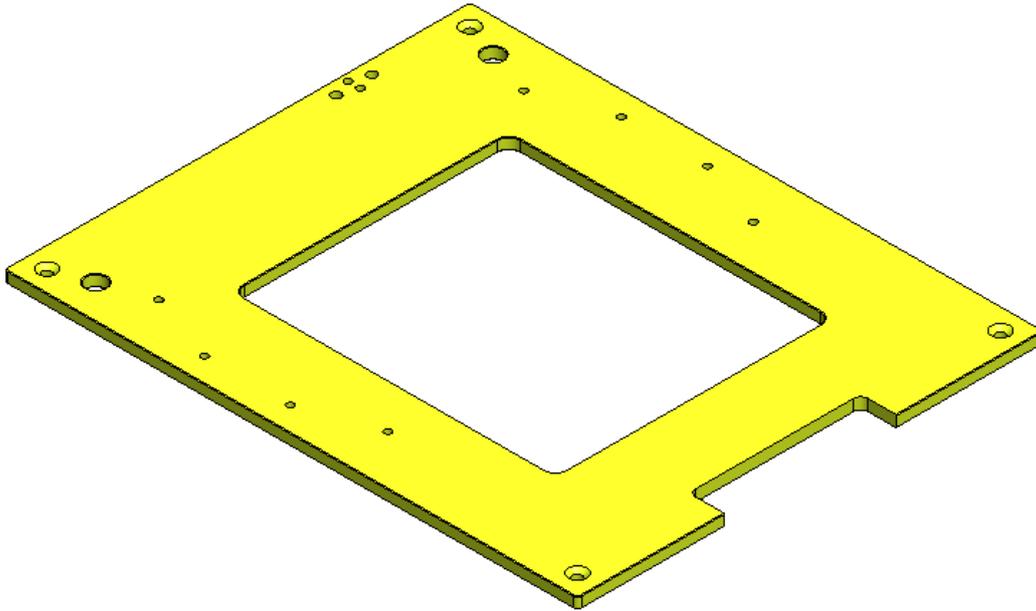
**Figura 3.53.** Características guías telescópicas IGUS Drylin NT-35. Fuente: Propia.

Por otro lado, con tal de conseguir saber si el sistema de apertura carga y descarga de bandeja está en la correcta posición tope de cerrado, se colocó al igual que en los sistema de movimiento de X e Y, un sensor de final de carrera electromecánico que indica dicho estado. Se puede observar en la **Figura 3.54** su lugar dentro del conjunto bandeja.



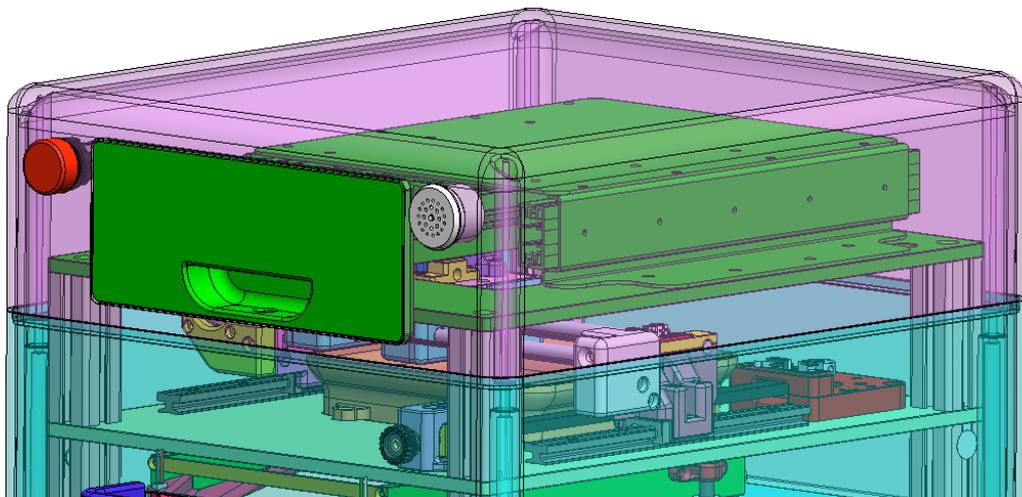
**Figura 3.54.** Conjunto final de carrera de sistema bandeja SPD. Fuente: Propia.

Todo el sistema, recae y sostiene sobre una bancada que corresponde a la bancada superior del sistema. Esta tiene los mecanizados y dimensiones necesarias para hacer el correcto ensamblado y paso posterior de cablería de los sistemas eléctricos. Puede verse en la **Figura 3.55**.



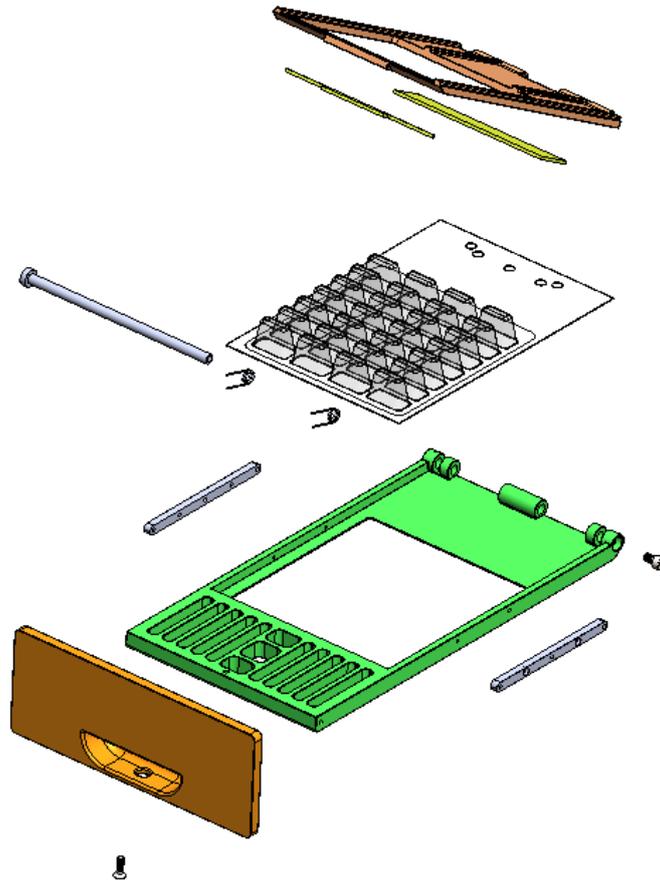
**Figura 3.55.** Bancada superior. Fuente: Propia.

Esta bancada, se soporta a la bancada intermedia del sistema de extracción de dosis mediante perfilera de aluminio extruido de 30x30 de la marca ITEM. Puede observarse en la **Figura 3.56**.



**Figura 3.56.** Disposición de perfilera ítem entre bancadas. Fuente: Propia.

Finalmente, puede verse que la bancada tiene el cuerpo y consistencia para permitir el funcionamiento para el que fue diseñado gracias a un conjunto de piezas de diferentes materiales y formas de fabricación los cuales en computo permitieron obtener un conjunto reducido, funcional y de bajo coste. En la **Figura 3.57** se puede ver el explosionado del sistema completo.



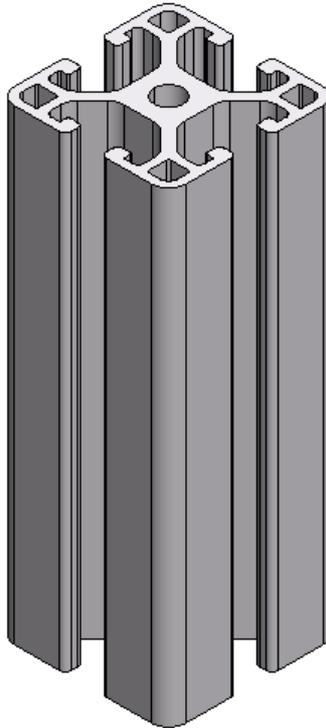
**Figura 3.57.** Explosionado del sistema de bandeja SPD. Fuente: Propia.

### 3.4.7. Perfilera de aluminio para estructuras

Para la construcción y disposición de la estructura del conjunto en sistema de pisos que lo conforman 3 diferentes bancadas, tal y como se puede ver explicado en los puntos anteriores. Se utiliza perfilera de aluminio extruido de la marca Ítem, distribuido en España por la compañía Sinerges S.L.

En concreto el perfil utilizado es un perfil cuadrado al corte, de medida exterior de 30 milímetros y con un ranurado o separación entre caras exteriores de 6mm.

Se puede ver en la **Figura 3.58** la representación exacta del perfil empleado y detallado:



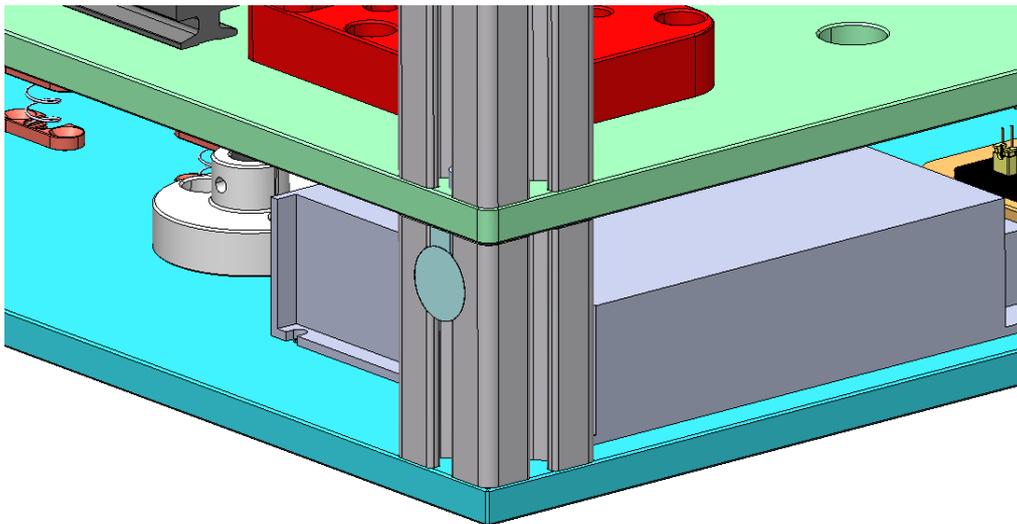
**Figura 3.58.** Representación modelo perfil 30x30 ITEM. Fuente: Propia.

Como dato para tener en cuenta, con tal de poder aprovechar la planitud del perfil y, por tanto, mantener la paralelela deseada entre bancadas en el diseño, se hizo una disposición de perfiles donde encajaban verticalmente las plantas, de manera que, para poder unirse ambos perfiles, se hizo uso de un recurso que proporciona la empresa Sinerges la cual se basa en realizar lo que estos denominan como “mecanizado para unión universal”. Este se basa en la mecanización de un cilindro en una de las caras planas del perfil y junto al “kit de unión universal” suministrado por la misma empresa, se consigue un encaje y ajuste para poder realizar la unión perfecta. Se puede ver en la **Figura 3.59** una imagen tipo de la propia empresa.



**Figura 3.59.** Tipología de unión universal de ITEM. Fuente: [13].

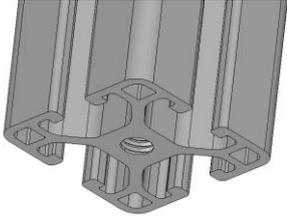
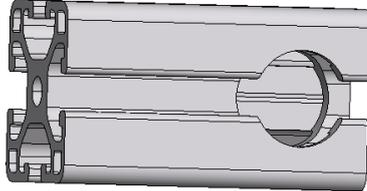
Por otro lado, se observa en la representación en la **Figura 3.60**, ya aplicado el diseño que se realizó en el proyecto de perfilería.



**Figura 3.60.** Disposición de unión perfilería ITEM entre bancadas. Fuente: Propia.

Además, se debe tener en cuenta, que estos perfiles en concreto tienen una alma pre-mecanizada a un diámetro modificable el cual permite la mecanización de una rosca métrica 6 en adelante. Por ello, los perfiles utilizados en el conjunto se diseñaron según la disposición con dicho mecanizado central de M6 en su alma.

A modo de resumen, se detalla en la **Tabla 3.1** los mecanizados correspondientes a la disposición del perfil que se diseñó.

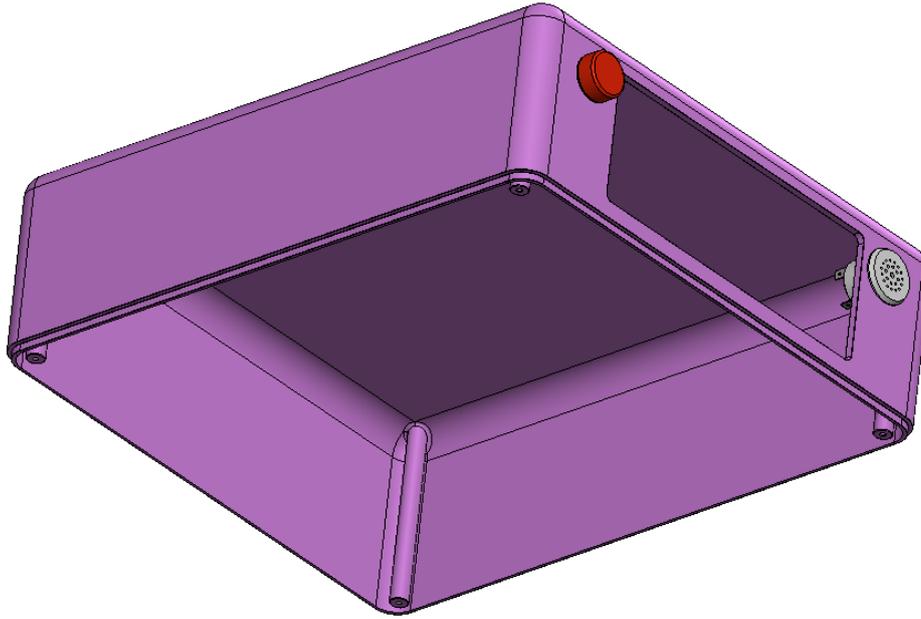
	Representación	Perfil Superior	Perfil Inferior
<b>Cara Superior</b>		M6	-
<b>Cara Inferior</b>		M6	M6
<b>Cara lateral</b>		-	Mecanizado universal

**Tabla 3.1.** Tipologías de mecanizado de perfiles. Fuente: Propia.

### 3.4.8. Carcasa superior

En este subapartado se trata el conjunto de carcasa superior del conjunto del producto. Esta está diseñada para fabricarse en posible futura producción mediante inyección, por lo que se ha tenido en cuenta las formas, paredes y ángulos de salida correspondientes.

En la **Figura 3.61** puede observarse el conjunto de carcasa superior con todos los elementos alojados en esta.



**Figura 3.61.** Conjunto carcasa superior. Fuente: Propia.

Este conjunto se compone de 3 elementos.

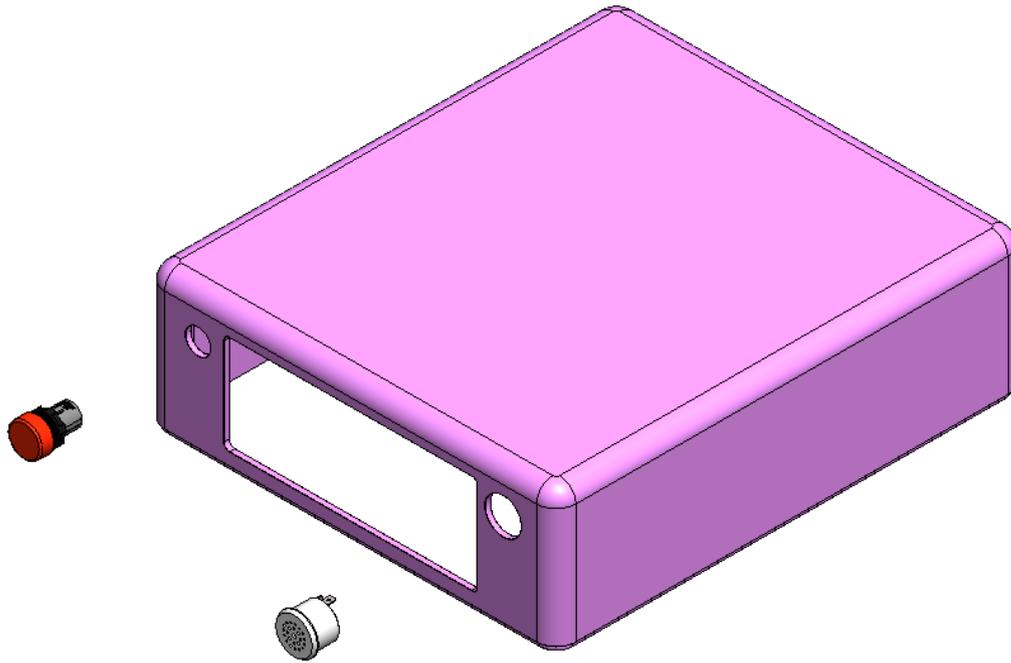
Una luz led de formato de instalación a panel, la cual es la encargada de generar señales lumínicas de aviso.

Un zumbador de formato de instalación a panel, que de la misma forma que la luz led, su función es la de generar una señal de aviso, pero esta vez acústica.

Y finalmente la propia carcasa donde se puede observar que tiene cuatro torretas donde se atornillan los tornillos a través de la carcasa inferior para, de esta, forma obtener el cierre del producto, tal y como se puede observar en la **Figura 3.68**.

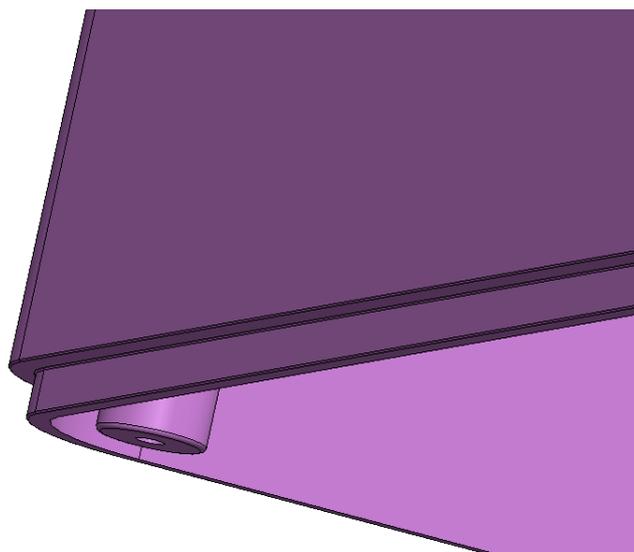
Estos tornillos son del tipo Celo y roscan directamente sobre el material plástico.

El conjunto en explosionado se puede ver en la **Figura 3.62**.



**Figura 3.62.** Explosionado de la carcasa superior. Fuente: Propia.

Además, para ayudar al centrado entre carcasas, se puede ver el detalle en la **Figura 3.63** que esta pieza dispone de un pequeño labio que permite la funcionalidad deseada de ajuste entre ambas piezas.

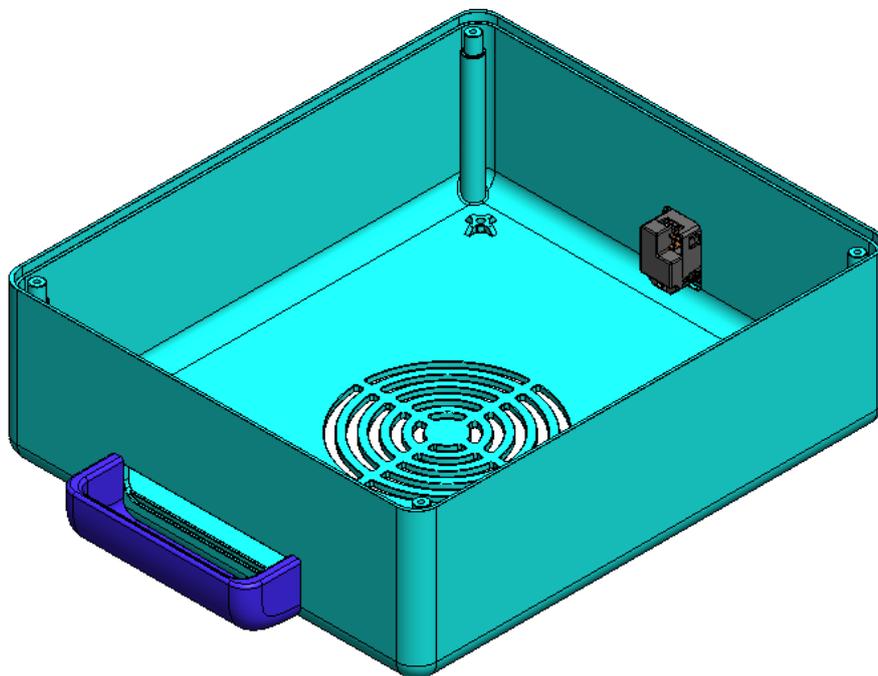


**Figura 3.63.** Detalle labio de encaje de la carcasa superior. Fuente: Propia.

### 3.4.9. Carcasa inferior

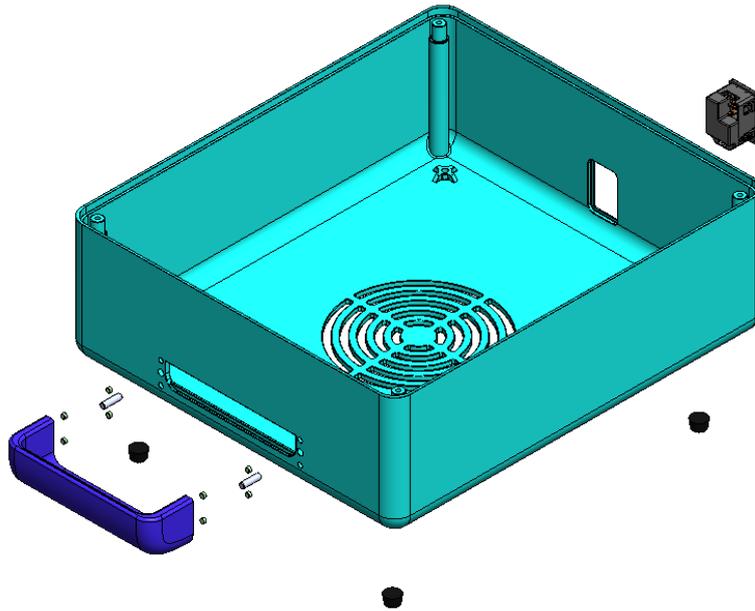
Este subapartado trata el conjunto de carcasa inferior el cual hace la función principal de cierre del producto por la parte inferior, pero a la vez toma un papel importante en diversas funcionalidades que son de gran necesidad para el conjunto producto. Tales como ventilación y albergado de componentes

Se puede observar en la **Figura 3.64** el conjunto de carcasa inferior.



**Figura 3.64.** Representación carcasa inferior. Fuente: Propia.

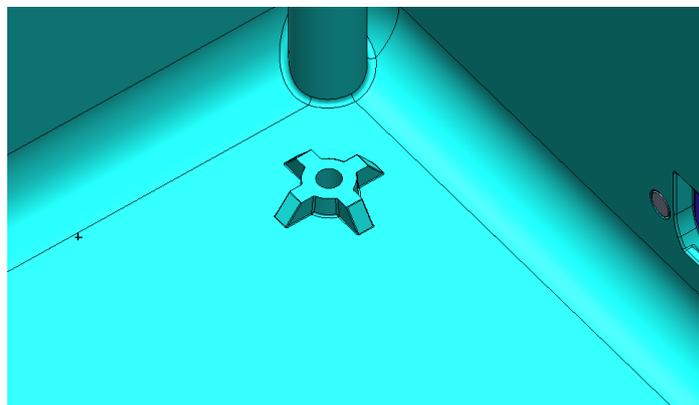
El conjunto carcasa está compuesto por la propia carcasa la cual está diseñada para fabricarse mediante inyección, por lo que se ha tenido en cuenta las formas, paredes y ángulos de salida correspondientes. Por otro lado, está la bandeja de salida final de dosis donde el usuario hace la recogida de estas mismas. Como dato para tener en cuenta, es una bandeja extraíble y auto ajustable mediante un sistema de imanes de neodimio y pasadores. Esto puede verse en el explosionado de la **Figura 3.65**.



**Figura 3.65.** Explosionado del conjunto de carcasa inferior. Fuente: Propia.

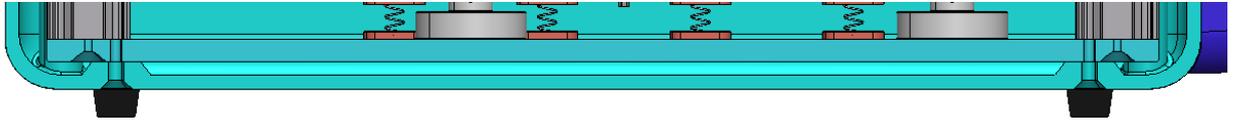
Además, se puede ver en la propia **Figura 3.65**, que en el centro de la misma carcasa existe un sistema pasivo de ventilación del conjunto, por donde se consigue que ventile todo el conjunto una vez montado.

Otra función importante que tiene la carcasa inferior es la de hacer de elemento de unión con la bancada inferior correspondiente al sistema de guiado final de las dosis extraídas dentro del conjunto mecanismo. Esto se consigue mediante cuatro puntos de apoyo y con alojamiento para la tornillería correspondiente. Puede observar en la **Figura 3.66** una representación en detalle de los apoyos.



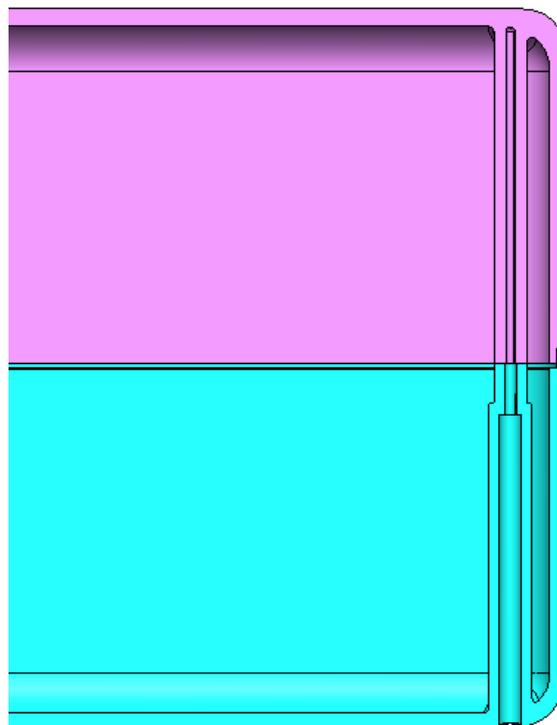
**Figura 3.66.** Detalle punto de apoyo y anclado carcasa inferiores. Fuente: Propia.

Además, para mayor entendimiento en la **Figura 3.67** se ve un seccionado de los conjunto unido.



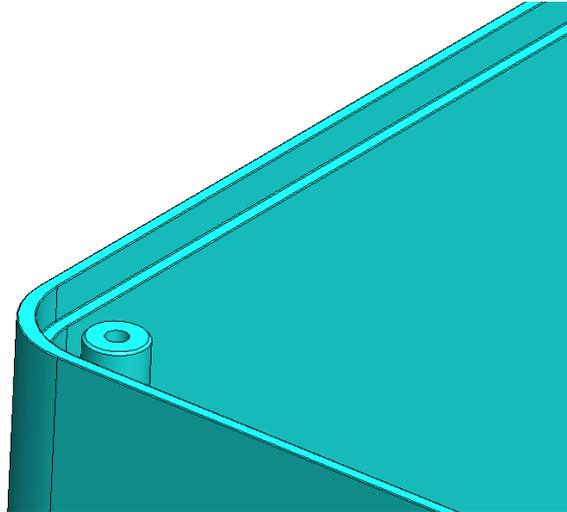
**Figura 3.67.** Seccionado detalle de unión y disposición de elementos en la carcasa inferior. Fuente: Propia.

De la misma forma que en la carcasa superior, en esta otra pieza inferior, las torretas de unión están en la misma posición y tienen el mismo número, para encajar perfectamente. Por otro lado detallar que las torretas inferiores hacen de conjunto pieza sustentadora de los tornillos a utilizar para roscar en la carcasa superior. Para mayor entendimiento, se ve en la **Figura 3.68** un seccionado entre ambas partes de carcasas del conjunto.



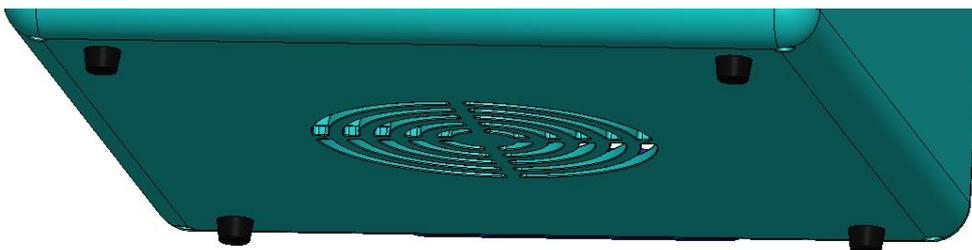
**Figura 3.68.** Seccionado detalle de dimensiones y disposición entre carcasas por pilares de unión. Fuente: Propia.

Para ayudar al centrado y posicionado de una carcasa respecto a otra, de la misma forma que la pieza superior de carcasa tiene un labio, esta parte inferior, tiene la parte negativa a la superior para conseguir que, entre ambas, la funcionalidad exista. Se puede ver el detalle de la zona del labio de la carcasa inferior en la **Figura 3.69**.



**Figura 3.69.** Detalle del labio de encaje de la carcasa inferior. Fuente: Propia.

Finalmente, para evitar vibraciones puntuales del conjunto a la superficie, donde el usuario tuviera el dispositivo, además de ayudar a la tarea de ventilación del equipo, se implementaron cuatro pies de goma con un adhesivo de alta adherencia. Además, para evitar posibles manipulaciones por terceros no especializados, a la par que, para embellecer el conjunto, se decidió disponer los pies justo encima de los agujeros donde se alojaron los tornillos que unen la bancada inferior a la carcasa superior. Se observa en la **Figura 3.70** el detalle de estos.



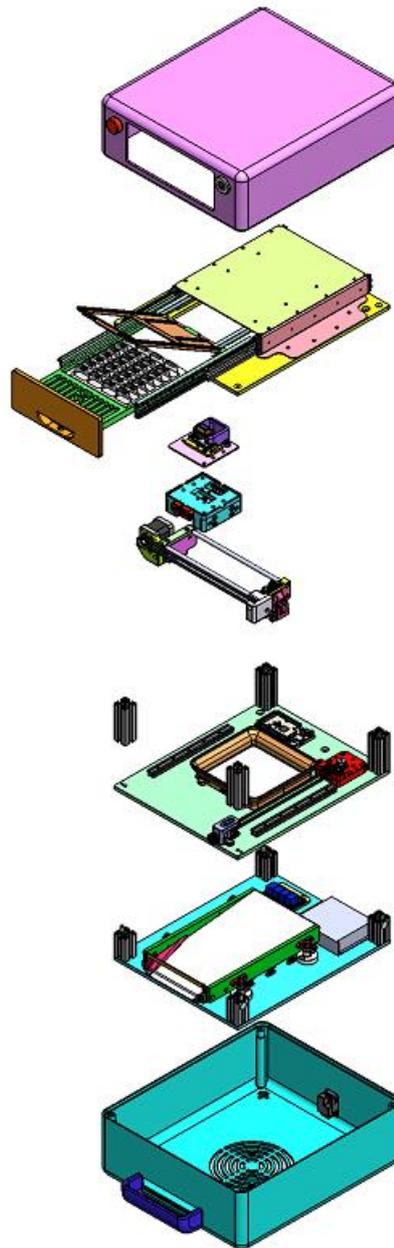
**Figura 3.70.** Detalle rejilla ventilación en carcasa inferior. Fuente: Propia.

### 3.4.10. Disposición de sistemas

En global, todos los sistemas unidos dan lugar a una máquina funcional, fiable y de grandes prestaciones a usuarios de SPD.

En total, para poder generar el modelo en 3D y trabajar en diseño, se dividió todo en diversos sistemas anteriormente nombrados y explicados

Se puede ver en la **Figura 3.71** un explosionado donde se aprecian todos ellos en conjunto.



**Figura 3.71.** Explosionado de los conjuntos generales del producto. Fuente: Propia.

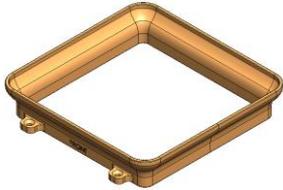
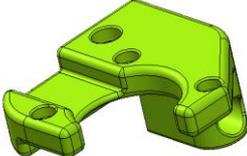
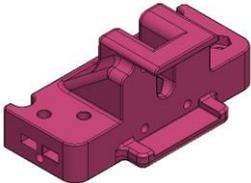
### 3.5. Materiales de las piezas

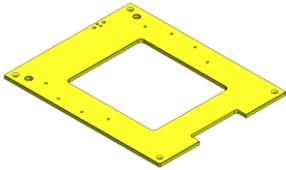
Durante el proyecto, se fueron diseñando gran parte de piezas con el objetivo de poderse, en un futuro, conseguir mediante procesos de fabricación aditiva y otra gran parte de ellas mediante procesos de obtención sustractiva.

El resto de las piezas que componen el conjunto máquina ya se añadieron al conjunto del diseño pensando en que iban a ser piezas ya fabricadas o estándar.

A raíz de ello, se detallan los materiales que priman dentro de los conjuntos y un par de ejemplos de las piezas fabricadas de cada tipología de material.

En primer lugar, en la **Tabla 3.2** se trata la fabricación de las piezas con detalle.

FABRICACIÓN DE PIEZAS	Tipología	Tecnología	Materiales utilizados	Pieza ejemplo	Representación de la pieza ejemplo
	Aditiva	FDM	ABS	C06_Guiado área dosis	
		SLA	Resina White	C04_Lateral unión soporte stepper	
		Polyjet	Resina black	C04_Lateral unión varillas_01B	
Sustractiva	Torneado	Aluminio AW 2035	C09_Eje máximos D8		

Manipulada	Fresado	Aluminio AW 2035	C08_Estructur a soporte guías H	
	Doblado	Aluminio AW 2027	C07_Placa base mecanismo	
	Corte láser	Aluminio AW 2027	C09_Plancha rampa dosis	

**Tabla 3.2.** Detalle de fabricación de piezas. Fuente: Propia.

## 3.6. BOM (Bill of Materials)

En este apartado se tratan las listas de materiales correspondientes a cada subconjunto y conjunto prototipo diseñado en este proyecto. Hacer inciso en que para mayor detalle y entendimiento se pueden encontrar los planos de cada subconjunto, con su correspondiente correspondencia en la representación y posición de cada pieza, en anexos.

### 3.6.1. Conjunto general

A continuación, se puede observar en la **Tabla 3.3** la lista de componentes que conforman el conjunto general a base de subconjuntos. El conjunto general puede observarse en detalle, gráficamente, también en la **Figura 3.71**.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	C06_Sistema guia X	1
2	C07_Sistema extracción dosis	1
3	C05_Sistema guia Y	1
4	C03_Carro extractor SPD	1
5	C08_Perfil_6_30x_30_L_L=82_6_1	4
6	C08_Guiado bandeja SPD_VIS	1
7	C09_Conjunto salida dosis inferior	1
8	C10_Carcasa inferior	1
9	C11_Carcasa superior	1

**Tabla 3.3.** Lista de materiales del conjunto general. Fuente: Propia.

### 3.6.2. Sistema eje Y

Se puede observar en la **Tabla 3.4** la lista de componentes que conforman el sistema de eje Y. Dicho sistema puede observarse en detalle, gráficamente, también en la **Figura 3.2**.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	C04_Sistema guia X	1
2	tw-04-15	3
3	ts-04-15-600	1
4	0018446_42HS482504	1
5	Polea220_5mm	1
6	C04_Lateral union varillas_01	1
7	C04_Tuerca M4	1
8	C04_Apriete varillas	1
9	C04_Lateral union Soporte stepper	1
10	C04_Apriete varillas ENDSTOP	1
11	C04_Lateral union varillas_01B	1
12	C05_Correa Dentada	1
13	C05_GT2 20T Pulley 5mm bore v3	1
14	C05_Tope ataque tensor cojinete	2
15	C04_Soporte tensor correa Y	1
16	C06_Sufridera tope Endstop	1
17	C06_Sujeción Correa X	1

**Tabla 3.4.** Lista de materiales del sistema eje Y. Fuente: Propia.

### 3.6.3. Sistema eje X

Seguidamente, se puede observar en la **Tabla 3.5** la lista de componentes que conforman el sistema de eje X. Dicho sistema puede observarse en detalle, gráficamente, también en la **Figura 3.21**.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	0018446 _42HS482504	1
2	PoleaZ20_5mm	1
3	ts-04-15-600	2
4	C06_Correa Dentada X	1
5	C06_Plso mecanismo	1
6	C06_Soporte Stepper X	1
7	Endstop module	1
8	C05_ GT2 20T Pulley 5mm bore v3	1
9	C06_Conjunto fijo tensor X	1
10	C06_Base tensor X	1
11	C06_DIN933 M5x30	1
12	C06_Corredera apriete tensor x	1
13	C06_Corredera apriete tensor x	1
14	C06_Muelle Tensor	1
15	C06_Pomo M5 ISC	1
16	C06_Tope ataque tensor cojinete X	2
17	C06_Guiado area dosis	1
18	C06_Soporte ELEGOO	1
19	ArduinoMega	1

**Tabla 3.5.** Lista de materiales del sistema eje X. Fuente: Propia.

### 3.6.4. Carro guiado

Se puede observar en la **Tabla 3.6** la lista de componentes que conforman el conjunto de carro guiado. Dicho sistema puede observarse en detalle, gráficamente, también en la **Figura 3.8**.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	C03_Deslizadera A	1
2	C03_Tuerca M5	8
3	C03_LIN-BEAR-BOL-MISUMFLMU8	4
4	DIN 7991 - M5 x 30 --- 24.8N	8
5	C05_Tuerca M3	2
6	C05_Muelle antiafloje Tensor	1
7	C05_Tensor fijacion carro	1
8	C05_Correa Dentada	1
9	C05_Tuerca M4	2
10	C05_din_916-m3x16-45h	1
11	C03_Cobertura guia extracción	1
12	C03_Coberturas salida dosis	1

**Tabla 3.6.** Lista de materiales del carro de guiado. Fuente: Propia.

### 3.6.5. Sistema de extracción de dosis

A continuación, se puede observar en la **Tabla 3.7** la lista de componentes que conforman el sistema de extracción de dosis. Dicho sistema puede observarse en detalle, gráficamente, también en la **Figura 3.30**.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	JF-0530B	2
2	C07_placa base mecanismo	1
3	DIN 912 M3 x 8 --- 8S	2
4	DIN 912 M2.5 x 4 --- 4S	2
5	DIN 912 M4 x 6 --- 6S	2
6	C07_centrador actuadores	1
7	C07_Topes Superiores Actuadores	1
8	C07_Pasador Roscado DIN7979	2
9	DIN 7991 - M3 x 8 --- 4.8N	2
10	DIN 7991 - M4 x 8 --- 8N	2
11	DIN 7991 - M3 x 8 --- 8S	4
12	C07_Conjunto cuchilla	1
13	C07_Placa calibre porta cuchillas	1
14	C05_Tuerca M3	2
15	DIN 6797-A3,2	2
16	C07_Rampa interior cuchilla extraccion	1
17	C07_Iman neodimio 5x3	2
18	C07_Pasador 3mmx10	2
19	C07_Guiado pastillas postsacado	1

**Tabla 3.7.** Lista de materiales del sistema de extracción de dosis. Fuente: Propia.

### 3.6.6. Sistema de guiado y rampas para dosis

Se puede observar en la **Tabla 3.8** la lista de componentes que conforman el sistema de guiado y rampas para dosis. Dicho sistema puede observarse en detalle, gráficamente, también en la **Figura 3.35**.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	C09_Lateral soporte plancha dosis	1
2	C09_Lateral soporte plancha dosis	1
3	C09_Plancha rampa dosis	1
4	C09_Muelles base	8
5	C09_Piso inferior bandeja	1
6	DIN 7991 - M5 x 30 --- 24.8S	1
7	C09_Bloqueo muelle superior	16
8	3mm_vibration_motor_8mm_type_303-102	6
9	C09_Guia maximos vibracion	4
10	C09_Pie sujeccion eje	4
11	C09_Eje maximos D8	4
12	C09_Nervio de unión	3
13	C09_Perfil_6_30x_30_L_L=52_5_1	4
14	item_0068681_Kit_unión_universal_6_30_1	4
15	C09_Guiado final pastilla proto	1
16	C09_Guiado final pastilla proto	1
17	C09_Emitter led	1
18	C09_Receiver led	1

**Tabla 3.8.** Lista de materiales del sistema de guiado y rampas para dosis. Fuente: Propia.

### 3.6.7. Sistema de bandeja para SPD

Seguidamente, se puede observar en la **Tabla 3.9** la lista de componentes que conforman el sistema de bandeja para SPD. Dicho sistema puede observarse en detalle, gráficamente, también en la **Figura 3.44**.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	C09_Lateral soporte plancha dosis	1
2	C09_Lateral soporte plancha dosis	1
3	C09_Plancha rampa dosis	1
4	C09_Muelles base	8
5	C09_Piso inferior bandeja	1
6	DIN 7991 - M5 x 30 --- 24.8S	1
7	C09_Bloqueo muelle superior	16
8	3mm_vibration_motor__8mm_type_303-102	6
9	C09_Guia maximos vibracion	4
10	C09_Pie sujeccion eje	4
11	C09_Eje maximos D8	4
12	C09_Nervio de unión	3
13	C09_Perfil_6_30x_30_L_L=52_5_1	4
14	item_0068681_Kit_unión_universal_6_30_1	4
15	C09_Guiado final pastilla proto	1
16	C09_Guiado final pastilla proto	1
17	C09_Emitter led	1
18	C09_Receiver led	1

**Tabla 3.9.** Lista de materiales del sistema de bandeja para SPD. Fuente: Propia.

### 3.6.8. Carcasa superior

Se puede observar en la **Tabla 3.10** la lista de componentes que conforman el conjunto de carcasa superior. Dicho sistema puede observarse en detalle, gráficamente, también en la **Figura 3.61**.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	C10_Carcasa superior	1
2	w22unr-12lr-wnlr	1
3	sulm516b5f2	1

**Tabla 3.10.** Lista de materiales de la carcasa superior. Fuente: Propia.

### 3.6.9. Carcasa inferior

A continuación, se puede observar en la **Tabla 3.11** la lista de componentes que conforman el conjunto de carcasa inferior. Dicho sistema puede observarse en detalle, gráficamente, también en la **Figura 3.64**.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	C10_Pie de goma	4
2	C10_Carcasa inferior	1
3	C10_Bandeja salida	1
4	C10_Pasador 6mmx20	2
5	C07_Iman neodimio 5x3	8
6	0018771	1

**Tabla 3.11.** Lista de materiales de la carcasa inferior. Fuente: Propia.

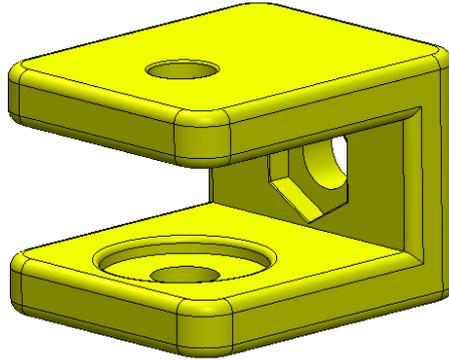
## 3.7. Simulación

En este apartado se plasma el estudio que se ha realizado de una pequeña selección de piezas del conjunto máquina con tal de mejorar su forma y a raíz de ello mejorar sus propiedades mecánicas.

Gracias a los estudios mediante simulación de piezas mecánicas bajo condiciones parecidas o muy similares a las que trabajarían, se consigue ver las zonas que más tensiones tienen y el comportamiento que tienen en general en función del estudio deseado a realizar.

En este caso, el estudio realizado corresponde a Von Misses.

Se ha escogido la pieza *C06\_Base Tensor X*, que puede verse en la **Figura 3.72**.



**Figura 3.72.** Pieza del sistema de guiado X – Base del tensor guiado. Fuente: Propia.

En primer lugar, se tiene en cuenta el material de la pieza en cuestión, seguido de las fuerzas ejercidas sobre esta, las libertades de las mismas fuerzas y las condiciones mecánicas.

A continuación, se han aplicado diferentes mallados a las piezas variando el tamaño de dichas mallas sobre las piezas, para ver la variación de resultados.

Se observaron resultados y finalmente se aplicaron cambios en las piezas y volvieron a someter a estudio.

Una vez planteados los pasos que se llevaron a cabo se comienza a explicar en detalle cada uno de los modelos escogidos.

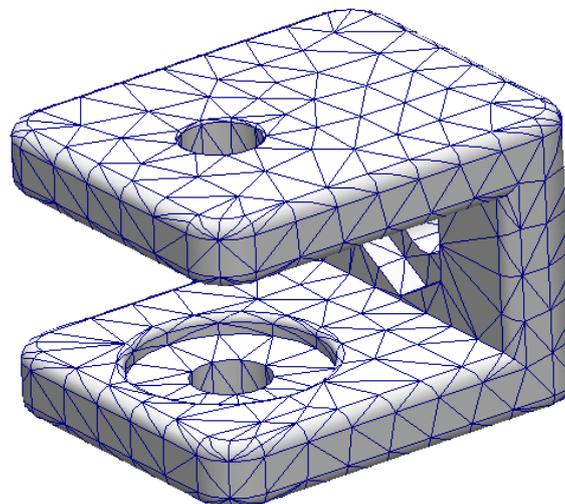
### **3.7.1. C06\_Base Tensor X**

Esta pieza está diseñada para poder obtenerse mediante fabricación aditiva. Se puede ver en diversos detalles, como el negativo de la tuerca DIN934 en la cara interior, plasmado en la **Figura 3.72**. Por otro lado, se decidió atribuirle ABS de material, cuyas características se pueden ver en la **Tabla 3.12**.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2000000000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.394	N/D
Módulo cortante	318900000	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	1020	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	30000000	N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/m <sup>2</sup>
Límite elástico		N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica	0.2256	W/(m·K)
Calor específico	1386	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

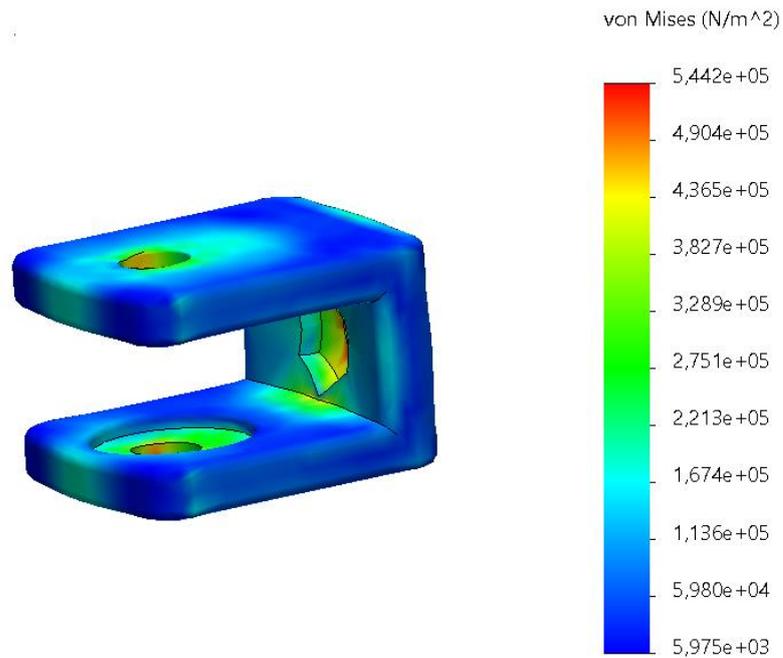
**Tabla 3.12.** Propiedades mecánicas del ABS. Fuente: Propia.

En la primera situación se le aplica un mallado grueso tal y como puede observarse en la **Figura 3.73**.



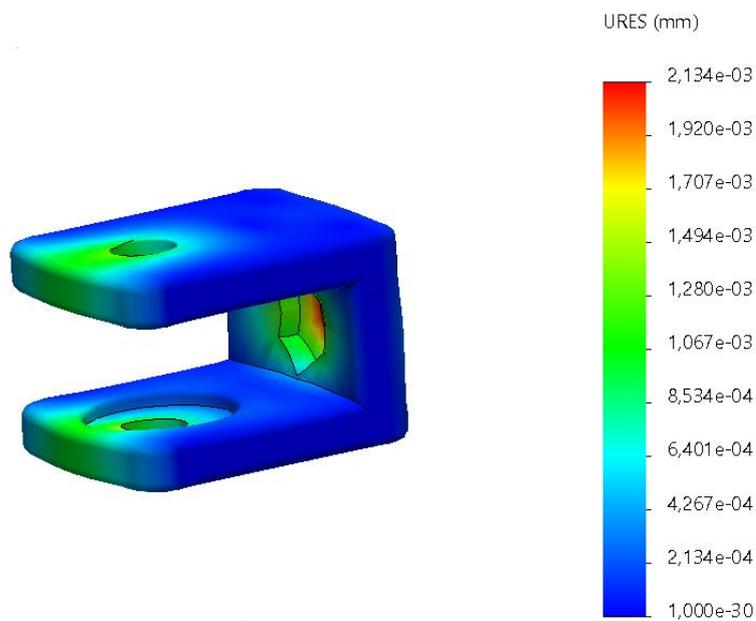
**Figura 3.73.** Mallado grueso del modelo estudiado. Fuente: Propia.

Seguidamente se aplica la geometría de sujeción y las fuerzas que se le aplican a la pieza según sistema, y se ejecuta el estudio. Se puede ver en la **Figura 3.74** los resultados de Von Misses.



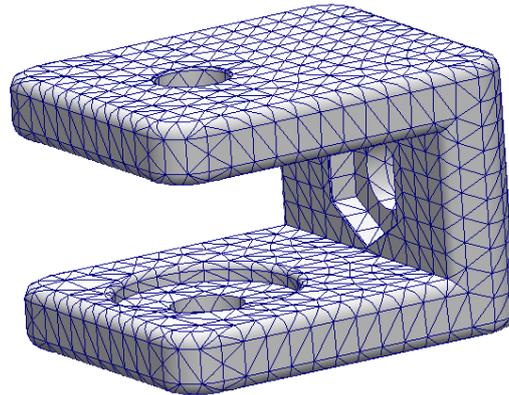
**Figura 3.74.** Resultados de deformaciones del estudio estático. Fuente: Propia.

Por otro lado, se puede ver en la **Figura 3.75** los resultados referentes a los desplazamientos de material conforme a las condiciones aplicadas a la pieza.



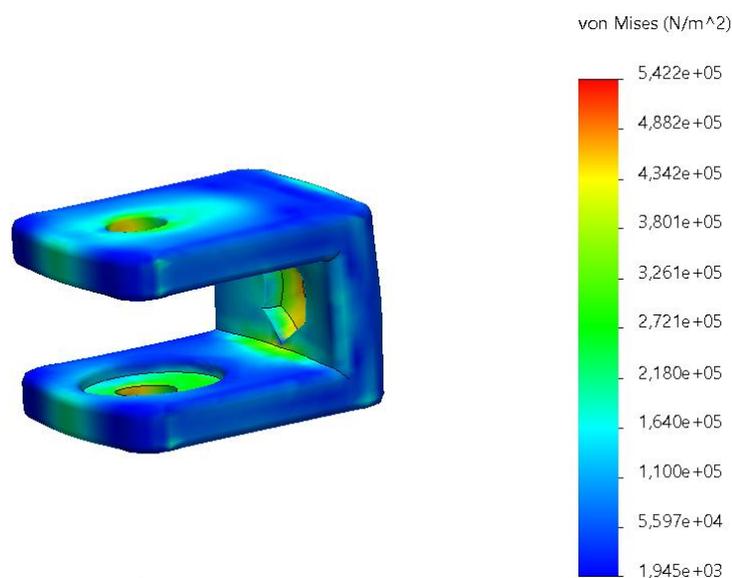
**Figura 3.75.** Resultados sobre el desplazamiento de material del estudio estático.  
Fuente: Propia.

Puede observarse tras verse ambos resultados, que la zona con mayor deformación y desplazamiento de material es la zona donde se aloja el tornillo de cabeza hexagonal, que es donde existe menor grosor de pared en la pieza, lo cual, tendría sentido y por tanto se valida. Aun así, se realiza un segundo estudio con una malla de tamaño medio, tal como se ve en la **Figura 3.76**, para observar si existe algún cambio significativo.



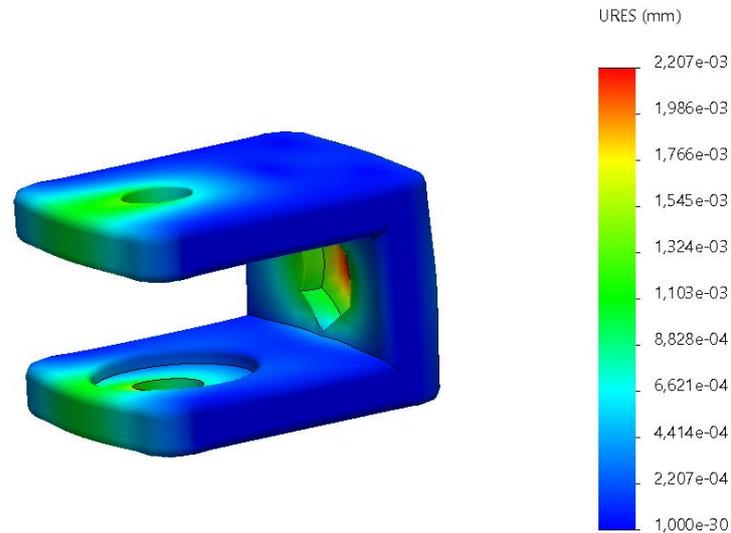
**Figura 3.76.** Mallado medio del modelo estudiado. Fuente: Propia.

Tras ejecutar el estudio, se observó que se atenuaban las tensiones de material en la zona más afectada que era el alojamiento del tornillo de estirado. Esto puede verse en la **Figura 3.77**.



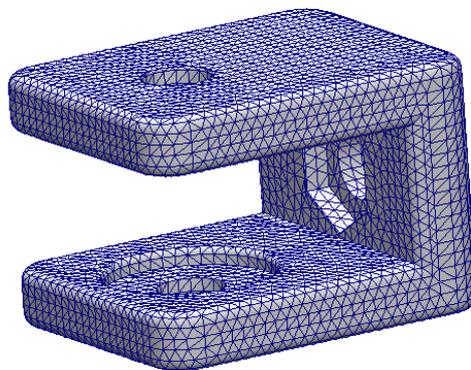
**Figura 3.77.** Resultados de deformaciones del estudio estático. Fuente: Propia.

Por otro lado, se puede ver en la **Figura 3.78** los resultados referentes a los desplazamientos de material conforme a las condiciones aplicadas a la pieza. Esto en comparación con los del primer mallado grueso no distaron mucho.



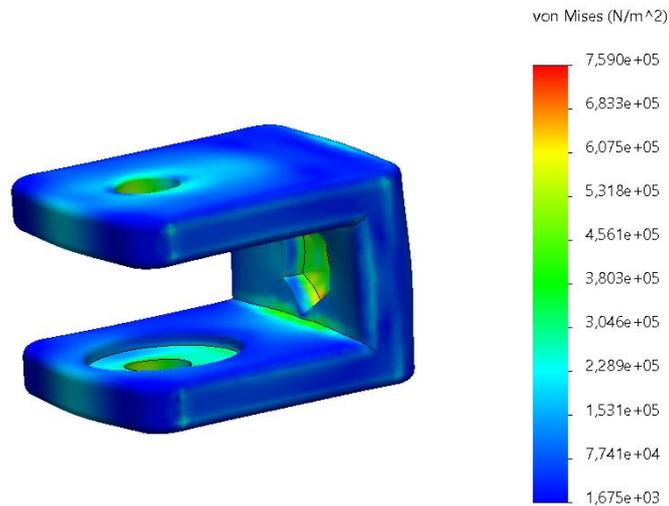
**Figura 3.78.** Resultados sobre el desplazamiento de material del estudio estático.  
Fuente: Propia.

Finalmente, se aplicó un mallado fino, que puede observarse en la **Figura 3.79**, para ver si los resultados convergían o existía un aumento de información que aclarara la situación de la pieza de una forma óptima.



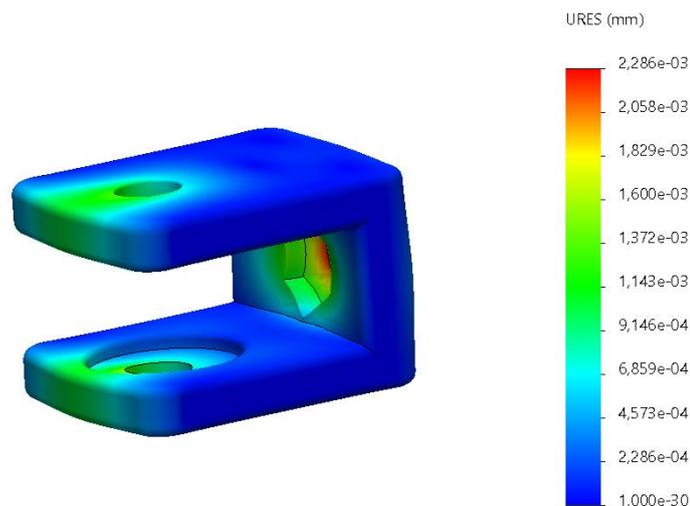
**Figura 3.79.** Mallado fino del modelo estudiado. Fuente: Propia.

Tras ejecutar el estudio, se observó que de la misma forma que en la segunda simulación se atenuaban las tensiones de material en la zona más afectada que era el alojamiento del tornillo de estirado. Esto puede verse en la **Figura 3.80**.



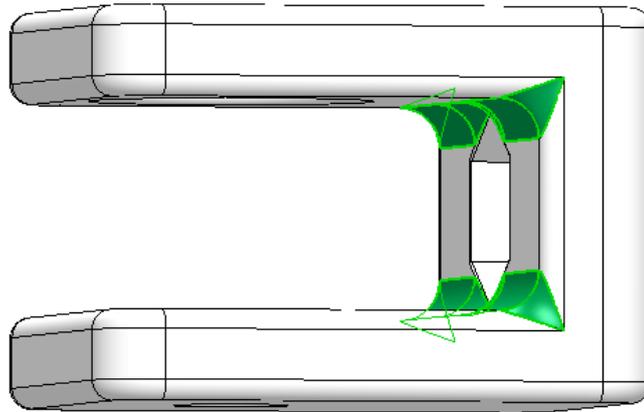
**Figura 3.80.** Resultados de deformaciones del estudio estático. Fuente: Propia.

Además, se puede observar en la **Figura 3.81** los resultados referentes a los desplazamientos de material conforme a las condiciones aplicadas a la pieza. Esto en comparación con los del primer mallado grueso no distaron mucho.



**Figura 3.81.** Resultados sobre el desplazamiento de material del estudio estático. Fuente: Propia.

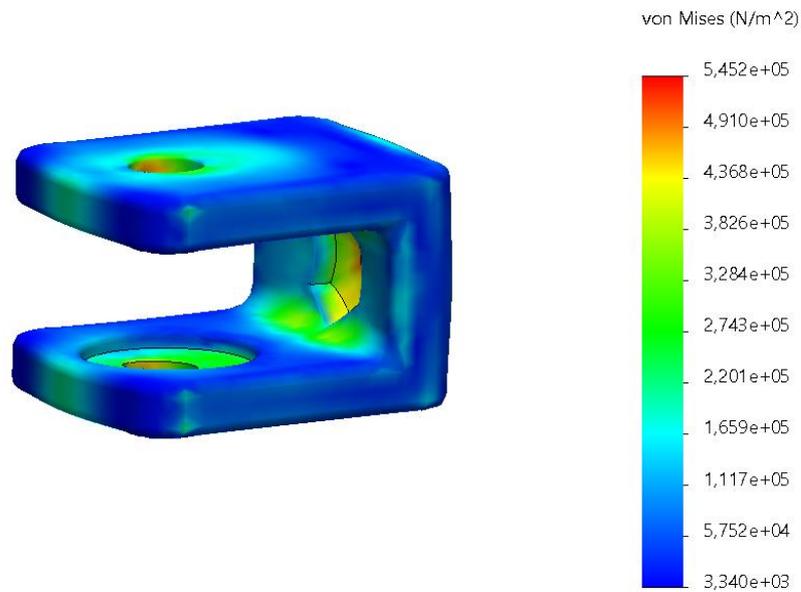
En conclusión, se obtuvo que los resultados sobre todo entre el mallado medio y mallado fino convergían en gran parte. Aun así, las conclusiones obtenidas es que la pieza en general tenía gran resistencia y buen comportamiento a los esfuerzos y situación planteada de la misma. De todos modos, quiso hacerse una leve mejora de esta, añadiendo unos pequeños radios en la parte posterior, por la parte interior del conjunto, tal y como se observa en la **Figura 3.82**, para reforzar la pieza y ver el comportamiento mecánico de esta pieza, de nuevo, bajo simulación.



**Figura 3.82.** Modificación aplicada sobre la pieza modelo estudiada. Fuente: Propia.

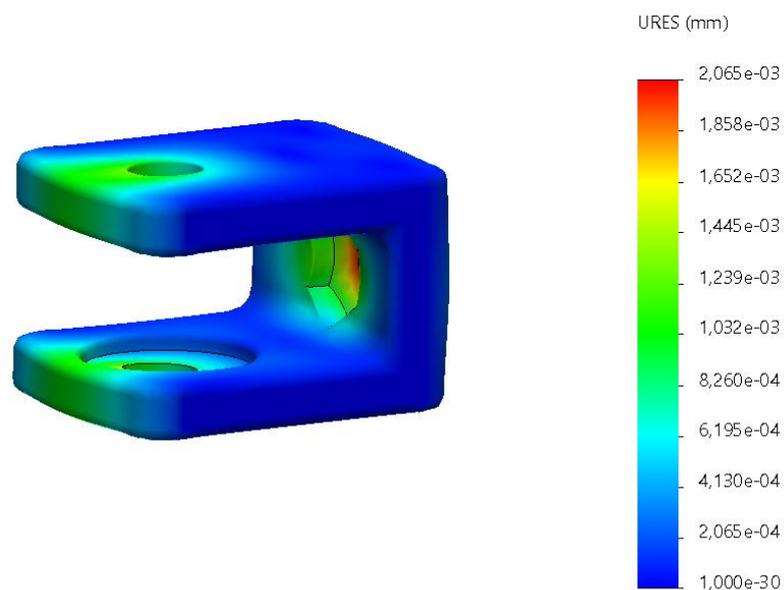
Una vez mejorada sutilmente la pieza, se procedió a hacer el estudio de nuevo. Esta vez, se decidió prescindir del primer caso con el mallado grueso debido a su menor precisión y plasmado de información importante. Por tanto, partiendo de la idea que los mallados aplicados a la figura son los mismos que se ven en los casos anteriores, se procede a explicar los resultados obtenidos.

En el caso del mallado intermedio, se puede ver en la **Figura 3.83** los resultados de la simulación en el estudio de tensiones de Von Misses.



**Figura 3.83.** Resultados de deformaciones del estudio estático. Fuente: Propia.

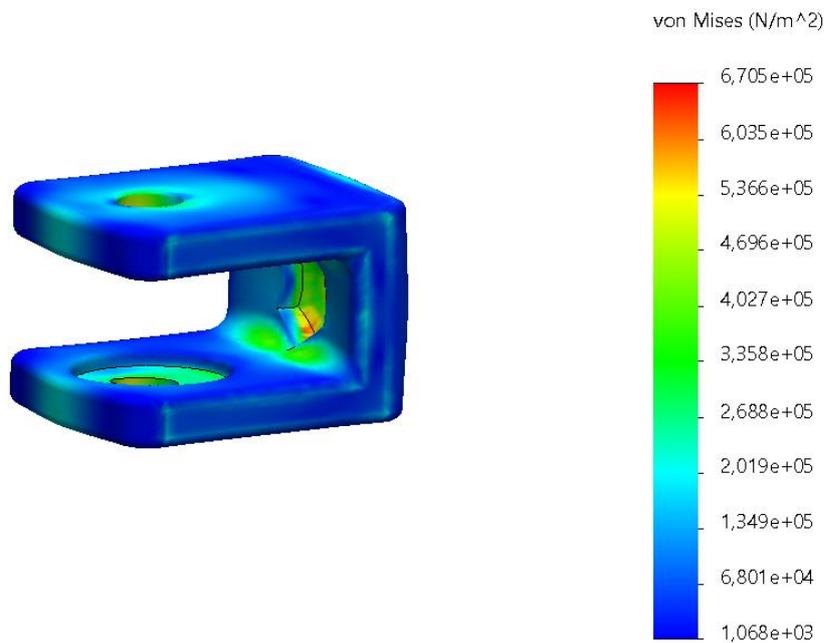
Además, se puede observar en la **Figura 3.84** los resultados referentes a los desplazamientos de material conforme a las condiciones aplicadas a la pieza.



**Figura 3.84.** Resultados sobre el desplazamiento de material del estudio estático. Fuente: Propia.

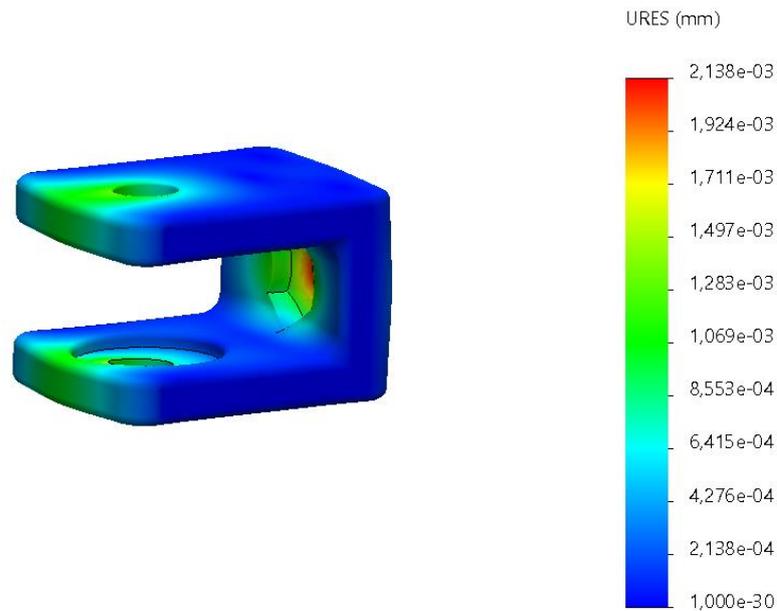
En un primer momento, se ve en ambos casos obtenidos, que tanto el desplazamiento de material como deformación es más uniforme y ayuda a distribuir tensiones del propio material. Esto da unas mejores propiedades mecánicas a la pieza.

Aun así, de todos modos, se planteó el caso del mallado fino con el fin de obtener más información o concretar aún más. Esto se puede ver de nuevo con los resultados de tensiones en la **Figura 3.85**.



**Figura 3.85.** Resultados de deformaciones del estudio estático. Fuente: Propia.

Además, se puede observar en la **Figura 3.86** los resultados referentes a los desplazamientos de material conforme a las condiciones aplicadas a la pieza.



**Figura 3.86.** Resultados sobre el desplazamiento de material del estudio estático.  
Fuente: Propia.

En conclusión, tras todas las simulaciones y tras la comparativa entre el modelo con radio y sin radio se concluyó que aun que la mejora no era significativamente de gran peso, sí que es cierto que en cierto modo se mejoró la pieza en referencias a propiedades mecánicas y con lo que supone en aditivado del material, compensa.

Teniendo en cuenta, que las cargas planteadas para esta simulación estaban sobredimensionadas con el fin de acentuar las posibles acumulaciones de tensiones o carencias de pieza, se creyó que aun que podría existir una pared de mayor grosor a lo que el alojamiento del tornillo hexagonal refiere, contando que el sistema nunca trabajará a tensiones de polea – correa tan elevadas el diseño se mejoró con lo que al radio refiere y se validó el conjunto.

## **4. Perspectiva de género**

En este subapartado, se confirma que en la realización del proyecto no ha tenido importancia ni ha intervenido en ninguna ocasión ningún tipo de atributo, conversación o objetivo que catalogue o califique de superioridad o única posibilidad de realización a ningún tipo de género o calificativo relacionado con la orientación o sentimiento sexual.

Mas allá de ello, y del mismo modo que en la fase de realización del proyecto, no hay ningún tipo de problema ni contraindicación dentro del propio producto que afecte negativamente ni física ni mentalmente a ningún tipo de género u orientación para hacer el uso de él.



## **5. Trabajo de futuro**

En este subapartado se plasman los diferentes puntos que refieren al proyecto, los cuales se destinan a realizar en tareas futuras de mejora.

### **5.1. Prototipaje y pruebas**

Se plantea como trabajo de futuro la tarea de hacer la fabricación de cada pieza, junto a la obtención de las piezas estándar del propio producto, y montar un prototipo completo.

Con ello, se conseguirá ver pequeñas posibles mejoras, a la par que obtener un feedback por parte de los usuarios que a fin de cuentas son los más implicados en el propio proyecto, ya que son los que van a hacer uso de él y cualquier comentario o idea puede repercutir de gran manera en la idea de ver el producto y obtener cada vez un producto más ajustado a lo deseado por su parte, a la par que para generar un modelo de negocio más rentable por ello.

### **5.2. Diseño de carcasa**

Debido a que el producto es una primera versión de proyecto, no se ha dado el peso estético que se podría esperar a la carcasa exterior del mismo.

En este caso, se le dio gran importancia a los mecanismos y sistemas internos que es donde realmente recae lo necesario para dar vida a un producto como este. Por ello y no restándole importancia, se planteó un conjunto mecanismo el cual, en un posible futuro, si así se quisiera, podría ser adaptado la carcasa sin interferencias para que tuviera un diseño más agradecido a lo que curvaturas se refiere, y de menor simplicidad.

### **5.3. Diseño según proceso de fabricación**

Partiendo de la base, que gran parte de las piezas, se diseñaron para fabricarse mediante procesos de fabricación aditiva, en caso de quererse fabricar en cadena este producto, se podría barajar hacer un cambio en los alojamientos de tuercas por métricas y cambiar la geometría de algunas piezas que, en caso de quererse fabricar mediante procesos de

fabricación sustractiva, serían muy complicados sino imposibles o en su defecto encarecerían el producto final por dicha complejidad.

## **6. Planificación**

La planificación que se ha seguido para poder llevar a cabo con éxito el proyecto en cuestión es la que se puede mostrar a continuación mediante la especificación de puntos generales, juntos a subtareas de estos y que se puede observar en la **Figura 6.1** y en la **Figura 6.2**. Este planteamiento abarca desde la fase inicial de búsqueda que inició en septiembre de 2021 hasta la fase de prototipado y entrega de la memoria.

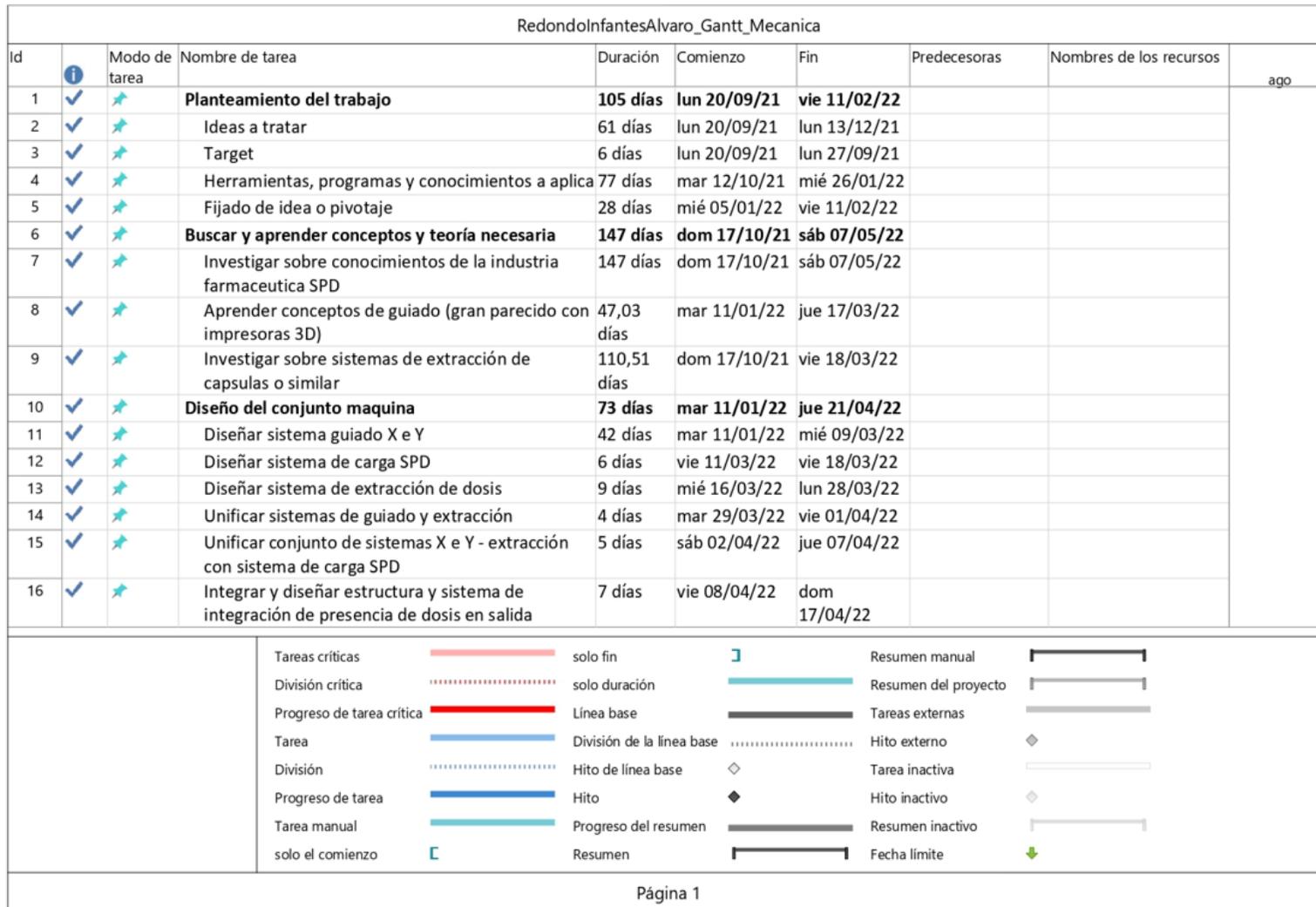


Figura 6.1. Diagrama de Gantt 1/2. Fuente: Propia.

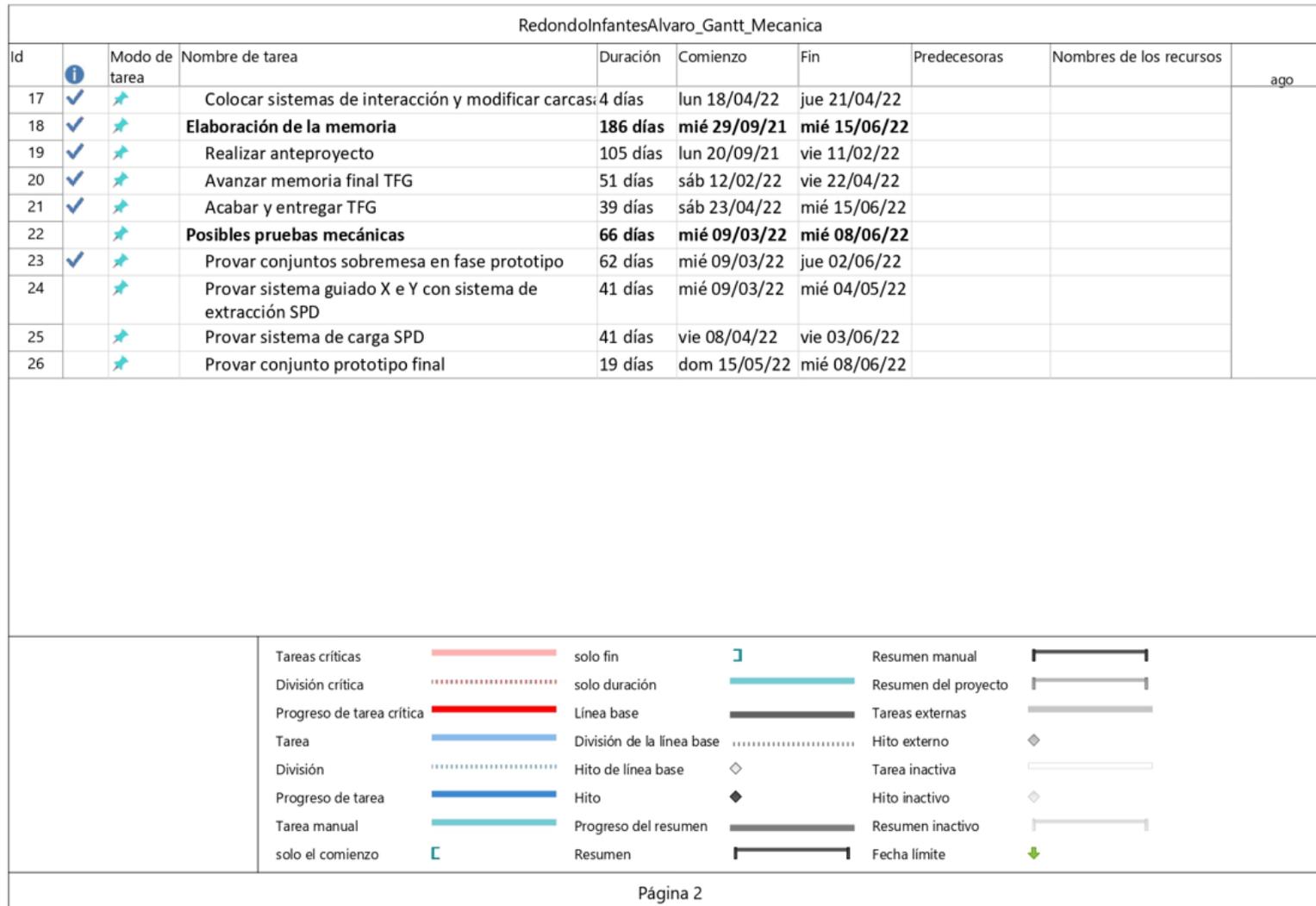
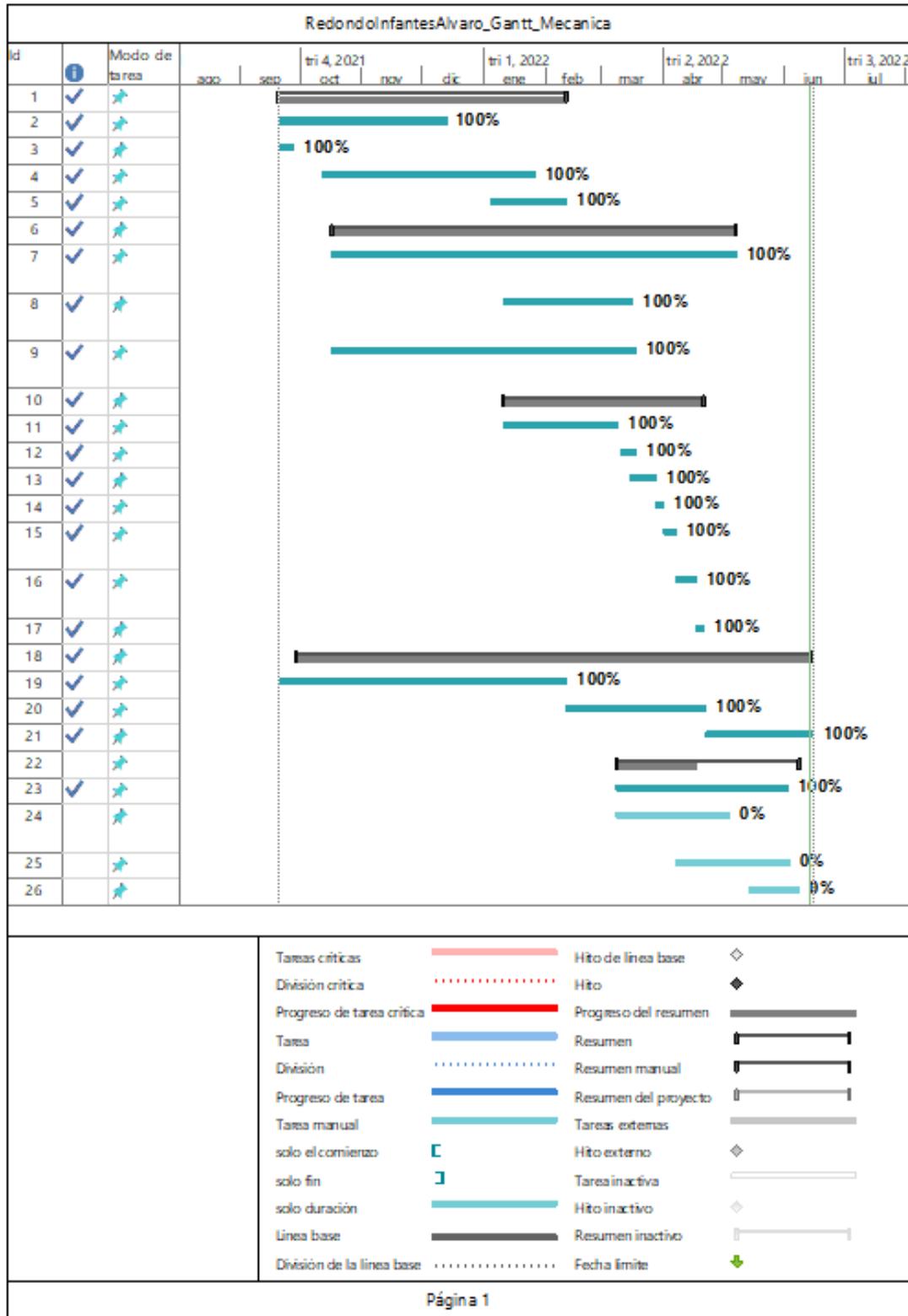


Figura 6.2. Diagrama de Gantt 2/2. Fuente: Propia.

Además, se puede apreciar el conjunto de tareas y subtareas anteriormente nombrado, representado mediante un diagrama de Gantt en la **Figura 6.3**



**Figura 6.3.** Tareas del diagrama de Gantt. Fuente: Propia.

## **6.1. Plan de contingencia**

Se ha hecho una planificación teniendo en cuenta las horas dedicadas durante el periodo en el que se formuló dicho diagrama de Gantt, primer trimestre. Por ello, se planteó el plan de contingencia teniendo en cuenta que en el segundo y tercer trimestre las horas de disponibilidad para poder dedicar a trabajar intensamente en el proyecto podrían verse aumentadas significativamente debido a la disminución de asignaturas a realizar a la vez que se desarrollaba el proyecto de final de grado. De esta forma podría obtenerse un suplemento de horas que, en caso de no llegar a poder efectuarse todas las tareas propuestas en este documento, debido a la escasez de horas o contratiempos no contemplados o que hubieran podido surgir a lo largo del desarrollo, entonces pudieran utilizarse para poder, entonces sí, acabar el proyecto satisfactoriamente.



## 7. Conclusiones

Tras haber finalizado el proyecto, se concluye que respecto los objetivos, cuyos se plantearon al iniciar el trabajo de final de grado, se han cumplido todos y cada uno de los puntos objetivos tanto generales como específicos siendo las conclusiones que se comentan a continuación, respecto a cada punto, la justificación de ello.

En el ámbito de los objetivos generales, se ha conseguido crear un producto que cumpla con la finalidad de poder ayudar a los usuarios finales que toman gran cantidad de medicamentos a lo largo del día de forma habitual y empleando para ello los sistemas SPD. Todo ello mediante un producto final útil, eficaz y compacto.

Por otra parte, referente a los objetivos específicos, se ha cumplido de la misma forma siguiendo y teniendo en cuenta cada uno de los objetivos específicos para el diseño y planteamiento del producto final. Para ello, se concluye y justifica que el conjunto diseñado cumple con la función principal de conseguir integrar un sistema de SPD para hacer la ayuda a la extracción automática de las dosis. Además, este conjunto incorpora sistemas de aviso al usuario y terceros, mediante sistemas acústicos, lumínicos y comunicaciones e interacciones con el cloud, lo que incorpora sistemas relacionados directamente con industria 4.0.

El compute de producto, es compacto y dichas dimensiones permiten que este se coloque dentro del hogar u otros lugares de una forma disimulada y óptima.

Todo esto se ha conseguido partiendo de un estudio inicial del mercado, de los conceptos necesarios relacionados con el mercado y actualidad de los sistemas SPD y la cantidad de demanda existente por parte de los usuarios finales de estos sistemas. De esta forma se encontró el nicho de mercado donde no existía ningún tipo de producto, automatismo, que tratara estos sistemas SPD para facilitar las labores de extracción y aviso a los propios usuarios finales.

Como punto para tener en cuenta, se ha incluido dentro del apartado de proyecto de futuro la tarea de validar el conjunto de los sistemas electromecánicos para funcionar conjuntamente ya que este mismo requiere de un primer prototipo físico, la posible mejora de estética exterior del conjunto y el cambio de planteamiento de tipología de fabricación de diversas piezas que en este proyecto se plantearon a fabricar mediante fabricación aditiva.



## 8. Referencias y bibliografía

A continuación, se adjuntan una serie de enlaces y referencias las cuales se han utilizado para informarse acerca de los ámbitos o temas tratados dentro del proyecto, y para saber cómo tener que afrontar y enfocar ciertos aspectos importantes de este.

Además, se pueden encontrar del mismo modo referencias y/o enlaces educativos que han sido de gran relevancia para los conocimientos necesarios aplicados en el mismo proyecto:

- [1] «Formlabs,» [En línea]. Available: <https://formlabs.com/es/store/3d-printers/>. [Último acceso: 19 02 2022].
- [2] «Stratasys,» [En línea]. Available: <https://www.stratasys.com/es/3d-printers/objet30-pro>. [Último acceso: 19 02 2022].
- [3] «La Factoria,» [En línea]. Available: <https://www.lafactoria3d.es/tienda/bcn3d-sigma-r17>. [Último acceso: 19 02 2022].
- [4] «TreatStock,» [En línea]. Available: <https://www.treatstock.com/machines/item/132-dimension-elite>. [Último acceso: 19 02 2022].
- [5] «Pinachocnc,» [En línea]. Available: <https://www.pinachocnc.com/product/pinacho-ml-200x1000-2/>. [Último acceso: 19 02 2022].
- [6] [En línea]. Available: <https://www.enterat.com/actualidad/tasa-natalidad-nacimientos-espana.php>. [Último acceso: 29 03 2022].
- [7] J. N. S. S. d. B. Juan del Arco, «Vol.22. Núm.1.,» de *Sistemas personalizados de dosificación.Funcionamiento*, 2008, p. 36:40.
- [8] «Ti-medi,» [En línea]. Available: <https://ti-medi.com/>. [Último acceso: 19 02 2022].

- [9] «Facebook,» [En línea]. Available: <https://www.facebook.com/Timedi-SPD-103484627951234/>. [Último acceso: 25 02 2022].
- [10] [En línea]. Available: <https://medicadoo.es/2018/09/26/las-spd-en-las-farmacias-una-solucion-para-muchos-pacientes/>. [Último acceso: 27 02 2022].
- [11] [En línea]. Available: <https://ti-medi.com/productos/robot-spd/spd-automatico/>. [Último acceso: 27 02 2022].
- [12] [En línea]. Available: <https://dualblis.com/como-funciona/la-maquina/>. [Último acceso: 27 02 2022].
- [13] [En línea]. Available: <https://www.sinerges.com/catalogo-de-productos/perfiles-de-aluminio/perfiles-de-aluminio>.
- [14] [En línea]. Available: [https://www.tme.eu/es/details/flk-115/multimetros-digitales-portatiles/fluke/fluke-115/?brutto=1&currency=EUR&gclid=CjwKCAiAx8KQBhAGEiwAD3EiPzzy1gl88rSQxfOyO90KwbKXKDDID8AfGUQFJvhtxcCJ\\_3ap4sygdXR0C6LoQAvD\\_BwE](https://www.tme.eu/es/details/flk-115/multimetros-digitales-portatiles/fluke/fluke-115/?brutto=1&currency=EUR&gclid=CjwKCAiAx8KQBhAGEiwAD3EiPzzy1gl88rSQxfOyO90KwbKXKDDID8AfGUQFJvhtxcCJ_3ap4sygdXR0C6LoQAvD_BwE). [Último acceso: 19 02 2022].
- [15] «Aurovitas,» [En línea]. Available: <https://www.aurovitas.es/>. [Último acceso: 20 02 2022].
- [16] [En línea]. Available: <https://www.venalink.es/spd-sistema-personalizado-dosificacion-medicamentos/>. [Último acceso: 20 02 2022].